

**PROTEINBEDARFSERMITTLUNG BEI
ERWACHSENEN KRALLENAFFEN
DURCH DEN N-BILANZVERSUCH**

Andreas Sappl

*Oss
München
1984*



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554007_0043

Aus dem Institut für
Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Geschäftsführender Vorstand: Prof. Dr. H. Zucker

PROTEINBEDARFSERMITTLUNG BEI ERWACHSENEN KRALLENAFFEN
DURCH DEN
N-BILANZVERSUCH

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität München

von
Andreas Sappl
aus
Bolzwang

München 1984

Gedruckt mit der Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. W. Leidl

Referent: Prof. Dr. H. Zucker

Korreferent: Prof. Dr. J. von Sandersleben

Tag der Promotion: 27. Juli 1984

Meinen Eltern
in Dankbarkeit

INHALTSÜBERSICHT

	Seite
1. Einleitung und Problemstellung	1
2. Literaturübersicht	3
2.1. Absolutes N-Minimum	3
2.2. Bilanzminima (Proteinbedarf) verschiedener Monogastrier	6
2.3. Proteinbedarf nicht-menschlicher Primaten	9
2.4. Einfluß der Energieaufnahme auf den Proteinbedarf	11
2.5. Nutzbarkeit der Nahrungsproteine	13
2.6. Proteindepletion	15
2.7. N-Bilanzmethode	17
3. Eigene Untersuchungen	21
3.1. Material und Methoden	21
3.1.1. Versuchstiere und Haltungsbedingungen	21
3.1.2. Versuchsplanung und Versuchs- durchführung	23
3.1.3. Zusammensetzung der Versuchsdiäten	26
3.1.4. Analytische Methoden	28
3.1.4.1. Probenvorbereitung	28
3.1.4.2. Stickstoffbestimmung	28
3.1.4.3. Phosphorbestimmung	29
3.1.4.4. Kreatininbestimmung	30
3.1.5. Ermittlung von N-Bilanzminimum, Verdaulichkeit, Proteinbewertung und Proteinverwertung	31

	Seite
3.2. Versuchsergebnisse	33
3.2.1. Allgemeinbefinden	33
3.2.2. Verzehr und Körpergewichtsentwicklung	33
3.2.3. Verdaulichkeit und Kotbeschaffenheit	36
3.2.4. Endogene N-Ausscheidung, Protein- bewertung und Proteinverwertung	43
3.2.5. Kreatininausscheidung	44
3.2.6. Bilanzuntersuchungen	45
4. Diskussion	57
5. Schlußfolgerung	70
6. Zusammenfassung	71
Summary	73
7. Anhang: Tabellen	75
8. Literaturverzeichnis	84

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Krallenaffen (Callithricidae) zählen zu der Primaten-Teilordnung der Neuweltaffen, die wegen ihrer breiten Nasenscheidewand auch Breitnasenaffen genannt werden. Sie leben als tagaktive Tiere in den tropischen Regenwäldern Südamerikas. Als typische Baumbewohner betreten sie kaum den Erdboden (WENDT, 1968). Ausgewachsene Tiere der Spezies *Callithrix jacchus*, auch Weißbüscheläffchen genannt, wiegen durchschnittlich 350 Gramm.

Ihre Nahrung in freier Wildbahn besteht aus Früchten, Nüssen, Knospen, Blättern, Vogeleiern, Jungvögeln, Insekten und kleinen Wirbeltieren (NAPIER und NAPIER, 1967; GARCIA, 1976; KINGSTON, 1969).

Krallenaffen, darunter vor allem die Spezies *Callithrix jacchus*, haben in den letzten Jahren eine große Bedeutung als Versuchstiere in der medizinischen Forschung erlangt. Sie sind für eine Vielzahl menschenpathogener Viren empfänglich. Ferner werden sie in der pharmakologischen, toxikologischen und teratologischen Forschung eingesetzt.

Voraussetzung für das Erzielen von unverfälschten Versuchsergebnissen ist u.a. eine bedarfsgerechte Ernährung. Diese kann in größeren Kolonien langfristig nur über ein standardisiertes Alleinfutter mit entsprechendem Gehalt an Rohrnährstoffen, Vitaminen, Mineralstoffen und Spurenelementen erreicht werden. Da Proteine im Körper neben strukturellen auch enzymatische, hormonelle und immunologische Aufgaben erfüllen, kommt den Nahrungsproteinen eine besondere Bedeutung zu. Dabei ist nicht nur die Quantität ausschlaggebend, sondern auch die Qualität, d. h. der Gehalt und das Verhältnis der essentiellen Aminosäuren im Nahrungsprotein.

Angaben zum Proteinbedarf basieren gewöhnlich auf Ergebnissen von N-Bilanzuntersuchungen. Solche Untersuchungen wurden bisher mit Krallenenaffen noch nicht, mit anderen nicht-menschlichen Primaten nur sehr selten durchgeführt. Ursache dafür ist die hohe Bewegungsaktivität der Tiere, die ein quantitatives Sammeln der Ausscheidungen sowie eine exakte Verzehrbestimmung sehr schwierig gestaltet.

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Ermittlung der N-Bilanzminima dieser Tiere bei Verfütterung von halbsynthetischen Diäten mit drei verschiedenen Proteinquellen, nämlich Molkenproteinkonzentrat, Sojaproteinkonzentrat und Casein. Ferner sollte die Proteinverwertung der Tiere festgestellt werden. Eine unerklärlich schlechte Verwertung der aufgenommenen Nahrungsproteine stellten AUSMAN et al. (1979) bei anderen Neuwelt-Kleinprimaten fest. Solche Besonderheiten im Proteinstoffwechsel vermindern die Übertragbarkeit der im Tierexperiment ermittelten Ergebnisse auf den Menschen.

2. LITERATURÜBERSICHT

2.1. Absolutes N-Minimum

Auch bei stickstofffreier Ernährung findet im Körper ein ständiger Auf- und Abbau von Proteinen statt, die der Erneuerung des vorhandenen Zellbestandes dienen. Ein Großteil der dabei freiwerdenden Aminosäuren kann wieder für die Proteinsynthese verwendet werden. Da jedoch nicht alle Aminosäuren und andere stickstoffhaltige Verbindungen genutzt werden können, kommt es zu Stickstoff(N)-Verlusten. Daraus resultiert die endogene Harn-N-Ausscheidung.

Daneben verliert der Körper durch Darmepithelabschilferungen und Sekretion von Verdauungsenzymen Proteine bzw. Stickstoff über den Kot.

Zusätzlich werden über die Körperoberfläche durch Haarverluste, Epithelabschilferungen, Schweiß- und Talgsekrete N-haltige Verbindungen ausgeschieden.

RUBNER (1908) bezeichnete die gesamten Verluste als "Abnutzungsquote" des Körpers. Heute wird meist die Bezeichnung "absolutes N-Minimum" gewählt. Es wird bei, abgesehen vom N-Gehalt, bedarfsgerechter Zusammensetzung der Diät ermittelt, da sonst Körperprotein vermehrt abgebaut und die N-Ausscheidung somit erhöht würde. Ferner ist eine genügend lange Vorperiode erforderlich, in der sich der Körper an die Zufuhr stickstofffreier Nahrung adaptieren kann. In diesem Zeitraum treten vor allem Aktivitätsänderungen von Enzymen des Proteinstoffwechsels auf. So nimmt z. B. die Aktivität der Argininosuccinat-Synthetase, eines Schlüsselenzyms im Harnstoffzyklus, deutlich ab (WATERLOW, 1968). Die Harn-N-Ausscheidung nimmt dabei in exponentieller Weise ab, um schließlich einen konstanten Wert anzunehmen (INOUE et al., 1974). Die Zeitdauer, nach der eine konstante N-Ausscheidung erreicht wird, beträgt je nach Tierart 5 bis 20 Tage (SMUTS, 1935). Mehre-

re Autoren beobachteten bei verschiedenen Spezies jedoch selbst nach 20 und mehr Tagen noch ständig abnehmende N-Verluste (DEUEL et al., 1928; ALLISON und WANNEMACHER JR., 1965; PERET und JAQUOT, 1972).

Die Harn-N-Ausscheidung bei N-freier Ernährung, der endogene Harnstickstoffgehalt (EHN), ist proportional zur Grundumsatzrate (TERROINE und SORG-MATTER, 1927; SMUTS, 1935; BRODY, 1945). SMUTS (1935) stellte an fünf Tier-spezies, nämlich Maus, Ratte, Meerschweinchen, Kaninchen und Schwein, einen EHN von ca. 2 mg N/kcal Grundumsatz-rate und Tag fest. BRODY (1945) gibt den Zusammenhang zwischen EHN und Körpergewicht mit der Gleichung: $EHN \text{ (mg/Tag)} = 146 \times \text{kg Körpergewicht}^{0,72}$ an.

Wesentlich niedrigere Werte an erwachsenen Menschen ermittelten BRICKER et al. (1945); YOUNG und SCRIMSHAW (1968); GOPOLAN und NARASINGA RAO (1966); CALLOWAY und MARGEN (1971) und HUANG et al. (1972). Der EHN lag in den genannten Arbeiten zwischen 1,3 und 1,8 mg N/kcal·Tag. Ähnlich niedrige Ergebnisse bei adulten Ratten hatten bereits ASWORTH und BRODY (1933) festgestellt. Ursache für die unterschiedlichen Ergebnisse sind vermutlich die verschieden langen Proteindepletionsphasen (MITCHELL, 1962; HEGSTED, 1964 und 1968; HOLMES, 1965).

Die Höhe der endogenen Harn-N-Ausscheidung scheint außerdem altersabhängig zu sein. FOMON et al. (1965) und HUANG et al. (1980) ermittelten an 4 bis 6 Monate bzw. einem Jahr alten Kindern mit 0,6 bis 0,95 mg N/kcal·Tag Werte, die etwa nur die Hälfte jener bei Erwachsenen betragen. Ähnliche Beobachtungen bei infantilen Ratten hatte bereits ASWORTH (1935) gemacht.

Die Größe der endogenen Verluste über den Kot, der sogenannte Darmverluststickstoff (DVN), wird von der Futter-trockensubstanzaufnahme, dem Rohfasergehalt der Diät so-

wie von Gewicht, Alter und Geschlecht beeinflusst (MITCHELL und BERT, 1954; NEHRING und HAESLER, 1954/55; GRITLER, 1964; JUST et al., 1980). Der Wert liegt meist zwischen 20 % und 40 % der endogenen Harn-N-Ausscheidung (KENDALL et al., 1982; HUANG et al., 1972). Nach längerer Depletionsphase kann aufgrund des niedrigeren EHN der Prozentsatz auch höher liegen (MIYATANI et al., 1977; UEZU et al., 1983).

Relativ wenig genaue Daten sind von Verlusten über die Körperoberfläche bekannt. Diese Tatsache ist vor allem auf Schwierigkeiten beim Sammeln dieser Ausscheidungen zurückzuführen. Beim Menschen werden allgemein 5 mg/kg·Tag N-Verluste über die Haut angenommen (YOUNG et al., 1973; CALLOWAY et al., 1971; SIRBU et al., 1967). Bei Tieren wird ein Verlust von 20 mg N/kg Körpergewicht^{0,75} kalkuliert (ERBERSDOBLER, 1976a). LIN und HUANG (1982) ermittelten bei ca. 400 g schweren Ratten N-Verluste über die Körperoberfläche von 10 mg N/Tag, was in etwa dem oben angegebenen Wert entspricht. AUSMAN et al. (1979) nehmen bei jungen, ca. 250 bis 350 g schweren Totenkopfpaffen mit 8 mg N/Tier und Tag ähnliche Verluste an.

2.2. Bilanzminima (Proteinbedarf) verschiedener Monogastrier

Ein erwachsener Organismus ist bei normaler Ernährung im N-Gleichgewicht, d. h. N-Aufnahme und N-Ausscheidung sind gleich groß. Wird durch die Nahrung nun mehr oder weniger Stickstoff zugeführt, stellt sich nach 5 bis 10 Tagen (FOLIN, 1905; KOFRANYI, 1980) wieder ein Gleichgewicht auf einem höheren oder niedrigeren Niveau ein. Es gibt jedoch eine bestimmte Grenze der N-Zufuhr, unterhalb welcher der Organismus nicht mehr in der Lage ist, ein N-Gleichgewicht aufrechtzuerhalten. Die N-Ausscheidung wird in diesem Fall die N-Aufnahme überwiegen. Der Stickstoffgehalt (und somit der Proteingehalt) des Körpers nimmt ab. Die minimale N-Aufnahme, bei der eine ausgeglichene Bilanz erreicht werden kann, wird als Bilanzminimum bezeichnet. Das Bilanzminimum ist immer größer als das absolute N-Minimum, da praktisch kein Protein zu 100 % verdaut und vom Körper genutzt werden kann.

Neben vielen anderen Faktoren, wie z. B. der Energieaufnahme oder dem Ernährungsstatus des Organismus, hängt die Höhe des Bilanzminimums vor allem von der Proteinqualität ab (KOFANYI, 1980). Der Organismus benötigt eine geringere Menge eines hochwertigen Proteins, um Bilanzgleichgewicht zu erreichen, als von einem minderwertigeren Protein.

Der minimale Proteinbedarf pro Kilogramm Körpergewicht (kg KGW) ist für kleinere und junge Tiere wegen des intensiveren Stoffwechsels höher als bei größeren und älteren Tieren. Auf das metabolische Körpergewicht (kg KGW^{0,75}) bezogen bestehen jedoch kaum große Unterschiede zwischen den einzelnen Spezies (ERBERSDOBLER, 1981).

Die Bilanzminima verschiedener Monogastrier bei unterschiedlichen Proteinquellen sind aus Tabelle 1 zu ersehen.

Tabelle 1: BILANZMINIMA VERSCHIEDENER MONOGASTRIER¹⁾

Spezies

Proteinquelle	Bilanzminimum g Protein/ kg KGW·Tag	Quelle
<u>Mensch</u>		
Eiprotein	0,42	(CALLOWAY und MARGEN, 1971)
	0,46	(YOUNG et al., 1973)
Milchprotein	0,61	(BRICKER et al., 1945)
	0,56	(KOFRANYI und JEKAT, 1964)
	0,90	(SCRIMSHAW et al., 1983)
Sojaproteinisolat	0,78	(SCRIMSHAW et al., 1983)
	0,91	(SCRIMSHAW et al., 1983)

Ratte

Lactalbumin	1,1 ²⁾	(SAID und HEGSTED, 1969)
	1,5	(MIYATANI et al., 1977)
Casein	1,9 ²⁾	(SAID und HEGSTED, 1969)
	2,0 ³⁾	(SHEEDAN et al., 1981)
Sojaprotein	1,8 ²⁾	(SAID und HEGSTED, 1969)

Schwein

nicht näher bezeichnet	0,4 ⁴⁾	(CARR et al., 1977)
Mais und Soja	0,4	(BAKER et al., 1966)

- 1) alle Ergebnisse wurden in g Protein/kg KGW·Tag
(N x 6,25) umgerechnet
- 2) durch Änderung des Körperwassergehalts ermittelt
- 3) durch Körper-N-Analysen ermittelt
- 4) aus der Gleichung: N-Bedarf = 246 mg N x kg KGW^{0,75}
für ein 150 kg schweres Schwein berechnet

Tabelle 1: Fortsetzung

Spezies

Proteinquelle	Bilanzminimum g Protein/ kg KGW*Tag	Quelle
<u>Hund</u>		
Lactalbumin	1,2	(MELNICK und COWGILL, 1937)
	0,6	(KADE et al., 1948)
Casein	1,6	(MELNICK und COWGILL, 1937)
	0,9	(NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1974)
	0,9	(ARNOLD und SCHAD, 1954)

Katze

gemischte Diät mit verschiedenen Proteinquellen	5,0	(GREAVES und SCOTT, 1960)
	3,1	(MILLER und ALLISON, 1958)
	1,8	(BURGER et al., 1980)

2.3. Proteinbedarf nicht-menschlicher Primaten

Die Proteinbedarfsangaben bei Affen basieren nur selten auf Ergebnissen aus N-Bilanzversuchen, da bei diesen bewegungsaktiven Tieren nur unter großem Arbeitsaufwand eine quantitative Sammlung der Exkreta erfolgen kann. Zudem "verschmeißen" die Tiere ihr Futter, so daß auch der Verzehr oft nur ungenau bestimmt werden kann (AUSMAN und HEGSTED, 1980). So stammen die ermittelten Daten meist aus langfristigen Fütterungsversuchen, bei denen neben der Körpergewichtsentwicklung vor allem Ergebnisse von Blutuntersuchungen als Parameter dienten.

Allgemein wird für Neuweltaffen wie Krallen-, Kapuziner- und Totenkopffaffen aufgrund der Ernährungsweise in freier Wildbahn und der relativ geringen Körpergröße ein hoher Proteinbedarf angenommen. Es werden 25 % Protein guter Qualität in der Ration empfohlen (GARCIA, 1976; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1978).

Speziell für Krallenaffen stehen kaum Proteinbedarfsangaben zur Verfügung. KING (1975) ermittelte mit erwachsenen Tieren der Spezies *Callithrix jacchus* bei einer vorwiegend auf Früchten basierenden Fütterung einen Proteinverzehr von 4,5 g/kg KGW·Tag. In einem 8 Monate dauernden Fütterungsversuch mit Lactalbumin als Proteinquelle konnte SCHOEN (1982) bei einer Proteinaufnahme von etwa 5,0 g/kg KGW·Tag keine Unterschiede zu Tieren mit höherem Proteinverzehr feststellen. Bei der Spezies *Saguinus fuscicollis* zeigte die Verfütterung einer mit Methionin ergänzten 6 %igen Caseindiät keine Gewichtsverluste und Veränderung entscheidender Blutparameter wie Albumin-Globulin-Verhältnis, Serumproteingehalt u.a. (LEHMANN, 1984).

Der Proteinbedarf erwachsener, ca. 2 kg schwerer Kapuzineraffen (Familie Cebidae) mit Lactalbumin als Proteinquelle wird von AUSMAN und HEGSTED (1980) mit 1,8 g/kg KGW·Tag angegeben.

Totenkopffaffen (Familie Cebidae) scheinen aufgrund einer schlechten Verwertung (AUSMAN et al., 1979) einen besonders hohen Proteinbedarf zu haben. Der Bedarf erwachsener Tiere wird von NICOLOSI und HUNT (1979) mit 4 g/kg KGW·Tag angegeben, während bei Jungtieren 18 g/kg KGW·Tag notwendig sind.

In Bilanzstudien mit erwachsenen Rhesusaffen erzielten ROBBINS und GAVAN (1966) bei einer Proteinaufnahme von 2,5 g/kg KGW·Tag Bilanzgleichgewicht. Die Bruttoenergieaufnahme betrug dabei jedoch nur 46 kcal/kg KGW·Tag, was in etwa dem Betrag aus Bilanzversuchen mit zehnmal schwereren Menschen entspricht. Nach RIOPELLE et al. (1974) scheinen 1 g/kg KGW·Tag Caseinprotein auszureichen, um nichtträchtige erwachsene Rhesusaffen über längere Zeit bei guter Gesundheit zu halten.

2.4. Einfluß der Energieaufnahme auf den Proteinbedarf

Die Energieaufnahme übt Einfluß auf die N-Bilanz aus (GARZA et al., 1976; CALLOWAY und SPECTOR, 1954; MUNRO, 1964). Eine Energierestriktion führt zu einem verstärkten Abbau von Körperproteinen, was sich in einer erhöhten Harn-N-Ausscheidung ausdrückt (MUNRO und NAISMITH, 1953). Eine exzessive Energiezufuhr dagegen fördert die N-Retention (MUNRO, 1964 und 1978; KISHI et al., 1978). Man spricht vom Protein-Spareffekt der Energie (MUNRO, 1951 und 1978; CALLOWAY und SPECTOR, 1954).

So wird bei konstanter Proteinaufnahme die Höhe der N-Bilanz vor allem von der Energiezufuhr bestimmt, während umgekehrt bei konstanter Energieaufnahme der Proteingehalt den entscheidenden Faktor darstellt (CALLOWAY und SPECTOR, 1954).

INOUE et al. (1973) konnten an erwachsenen Menschen mit einer Energieaufnahme von 45 kcal/kg.Tag und 0,65 g Eiweiß/kg.Tag Bilanzgleichgewicht erzielen, während bei 57 kcal/kg.Tag nur 0,46 g/kg.Tag notwendig waren. CALLOWAY (1975) stellte fest, daß bei marginaler Protein- wie auch Energieaufnahme letztere einen größeren Einfluß auf die N-Bilanz ausübt als erstere. Mit 15 % höherer Energieaufnahme verbesserte sich die N-Bilanz um den gleichen Betrag wie mit 40 % gesteigerter Proteinzufuhr.

Der Proteinspareffekt beträgt bei bedarfsgerechter oder reichlicher Proteinzufuhr zwischen 1 und 3 mg N/kcal Energiezulage (MUNRO und NAISMITH, 1953; ROSENTHAL und ALLISON, 1956; GARZA et al., 1976). Besonders deutlich zeigt sich dieser Effekt bei Aufnahme von Proteinen guter Qualität bei niedriger Energiezufuhr (ELWYN et al., 1979; YOUNG, 1983).

Die Ursache für die Protein-Sparwirkung der Energie liegt in der Tatsache, daß Proteine eine nicht unbedeu-

tende Energiequelle für den Organismus darstellen (BOORMAN, 1980; TORUN und YOUNG, 1981). Ein Überschuß an Nahrungsenergie mindert die Verwendung von Nahrungs- und Körperproteinen zu Energiezwecken und führt somit zu einer geringeren Harn-N-Ausscheidung.

Ferner wirken Nahrungskohlenhydrate spezifisch auf den Proteinstoffwechsel. Sie stimulieren die Sekretion von Insulin, das u. a. den Proteingehalt der Muskulatur anhebt. Insulin bewirkt dabei eine Erhöhung des Aminosäurentransportes aus dem Blut in die Zelle und eine Steigerung der Proteinsynthese (MUNRO, 1964 und 1978; FULLER et al., 1973; WATERLOW et al., 1978).

2.5. Nutzbarkeit der Nahrungsproteine

Der vom Körper für die Proteinsynthese nutzbare Anteil der Nahrungsproteine hängt vor allem von der Verdaulichkeit und dem Aminosäuremuster der Proteinquelle ab. Daneben spielt die Verfügbarkeit der Aminosäuren, die besonders durch eine Hitzebehandlung von Nahrungsmitteln beeinträchtigt werden kann, eine nicht unbedeutende Rolle (ERBERSDOBLER, 1976b). Die einzelnen Proteinquellen unterscheiden sich in den genannten Kriterien und damit in ihrer Qualität. Ferner beeinflusst die Menge an aufgenommenen Proteinen deren Verwertung (MILLER und PAYNE, 1969; ALLISON, 1964; YOUNG, 1983).

Untersuchungen an Menschen zeigen, daß die Verwertung von hochwertigen Proteinen im Bereich unterhalb des Erhaltungsbedarfs nicht konstant ist, sondern von der Aufnahmemenge abhängt (YOUNG et al., 1973; INOUE et al., 1974). Mit steigendem Proteinverzehr nimmt der für die Synthese von Körperproteinen nutzbare Anteil der Nahrungsproteine deutlich ab. Es ergibt sich daraus eine nichtlineare Beziehung zwischen N-Aufnahme und N-Bilanz, die auch MIYATANI et al. (1977) und SAID und HEGSTED (1969) an Ratten beobachten konnten.

Unterhalb des Erhaltungsbedarfs betrug die Verwertung des aufgenommenen Eiweißstickstoffs für die N-Bilanz bei erwachsenen Menschen in den Untersuchungen von YOUNG et al. (1973) sowie CALLOWAY und MARGEN (1971) ca. 65 %, bei KISHI et al. (1978) nur 55 %. Der genannte Ausnutzungsgrad in % entsprach in etwa der errechneten NPU (Netto-Protein-Utilisation) im Bereich um den Erhaltungsbedarf.

Erwachsene Ratten können das aufgenommene Protein offensichtlich besser verwerten (SAID und HEGSTED, 1969). MIYATANI et al. (1977) ermittelten mit Lactalbumin einen

Ausnutzungsgrad von 83 %, der NPU-Wert betrug 90.

Besonders schlecht scheinen junge Totenkopffaffen Proteine nutzen zu können (AUSMAN et al., 1979). Nur 27,8 %, 32,1 % und 22,2 % vom aufgenommenen Lactalbumin, Casein und Sojaproteinisolat wurden als Körperprotein angesetzt, obwohl die scheinbare Proteinverdaulichkeit mit 88 % relativ hoch lag. Eine Ergänzung von Casein mit Methionin, einer besonders bei stark behaarten Tieren oft limitierenden Aminosäure, ergab keine bessere Proteinverwertung.

Zum Vergleich dazu verwerten junge Rhesus- und Kapuzineraffen Lactalbumin zu 65 % bzw. 74 % (AUSMAN et al., 1979; SAMONDS und HEGSTED, 1973).

Über die Proteinverwertung erwachsener Affen, speziell von Krallenaffen, liegen keine Angaben vor.

2.6. Proteindepletion

Weist ein Organismus eine negative N-Bilanz auf, so nimmt sein Proteingehalt ab. Dieser Vorgang wird als Proteindepletion bezeichnet.

Bei manchen Geweben bzw. Organen ändert sich der Proteingehalt bei einer Erhöhung oder Verminderung der Nahrungspoteinaufnahme sehr schnell. Rasch gewonnene oder verlorene Körperproteine werden als "labile" Proteine oder auch "Reserveproteine" bezeichnet (MUNRO, 1964). Ihnen stehen die "stabilen" Proteine gegenüber, die erst nach langer Depletionsphase in ihrem Gehalt abnehmen.

Die Menge der "Reserveproteine" wird mit 1 % bis 5 % des Gesamtkörperproteingehalts angegeben (DEUEL et al., 1928; CAMPBELL und KOSTERLITZ, 1948; MUNRO, 1964; YAMAGUCHI und KANDATSU, 1973).

Neben der Zeitdauer haben zahlreiche andere Faktoren wie z. B. das Alter und der Ernährungszustand der Tiere, die Art der Nahrung und die Höhe der Energieaufnahme Einfluß auf das Muster des Proteinverlustes.

Organe mit hohem Proteinturnover wie Leber, Bauchspeicheldrüse und Dünndarm verlieren innerhalb weniger Tage bei Nahrungskarenz oder N-freier Ernährung bis zu 25 % des Gesamtproteingehalts (ADDIS et al., 1936; JU und NASSET, 1959; WATERLOW und STEPHEN, 1966).

Die Muskulatur als größter Proteinspeicher des Körpers nimmt wegen des geringen Gehalts an "labilen" Proteinen in diesem Zeitraum nur wenig an Proteingehalt ab (WATERLOW und STEPHEN, 1966; WATERLOW, 1969; GARLICK et al., 1975).

Generell kann gesagt werden, daß bei kurzzeitiger Pro-

teindepletion die oben genannten Organe einen Großteil des Körper-N-Verlustes tragen, während langfristig gesehen die Muskulatur, entsprechend der Proteingesamtmenge im Körper den größten Beitrag zur N-Ausscheidung leistet (MUNRO, 1964).

Bei den "labilen" Proteinen handelt es sich chemisch und funktionell um keine einheitliche Gruppe (MUNRO, 1964). Untersuchungen zeigen, daß vor allem der Gehalt an zellulären Proteinen während der Depletionsphase abnimmt, während der Proteinanteil des Bindegewebes relativ gesehen deutlich zunimmt (DICKERSON und McCANCE, 1964; WATERLOW, 1969).

Für die Bestimmung des N-Bilanzminimums ist von Bedeutung, wieviel "labile" Proteine der Körper besitzt. Bei großen "Proteinreserven" ist eine wesentlich höhere Nahrungsproteinaufnahme zur Erzielung des N-Gleichgewichtes notwendig als bei einem depletierten Organismus (ALLISON, 1960; ALLISON und WANNEMACHER JR., 1964). Somit übt der Ernährungsstatus, speziell die Größe der "Proteinreserven", einen nicht geringen Einfluß auf die Höhe des ermittelten Bilanzminimums aus und muß entsprechend berücksichtigt werden.

2.7. N-Bilanzmethode

Eine der ältesten Methoden, den Proteinbedarf des Organismus sowie den Nährwert von verschiedenen Proteinen zu ermitteln, stellt die N-Bilanzmethode dar (ALBANESE, 1959).

Die N-Bilanz errechnet sich aus der N-Aufnahme über das Futter minus der N-Ausscheidung über Kot, Harn und Körperoberfläche, wobei letztere oft nicht berücksichtigt wird. Ein wachsender Organismus weist physiologischerweise eine positive Bilanz auf, während sich ein gesunder Erwachsener im N-Gleichgewicht befindet. Die Bilanz ist negativ bei Nahrungskarenz, bei Aufnahme N-armer Diäten, bei Futter mit schlechter Proteinqualität oder bei bestimmten Krankheitszuständen.

Die Höhe der Bilanz hängt ab von der N-Aufnahme, von der Qualität des zugeführten Proteins, von der Energieaufnahme, vom Ernährungsstatus des Organismus und von der Ausgewogenheit der Diät (MILLER und PAYNE, 1964; HEGSTED, 1976).

Die N-Bilanz kann nur Aussage über N-Gehaltsänderungen des gesamten Körpers geben, nicht über jene der einzelnen Organe (ALLISON, 1951; HEGSTED, 1976). Theoretisch können bei ausgeglichener Bilanz einzelne Organe bereits in ihrem N-Gehalt abnehmen (ALLISON und FITZPATRICK, 1960).

In den letzten Jahrzehnten wurde wiederholt Kritik an der N-Bilanzmethode geäußert (WATERLOW et al., 1960; WATERLOW, 1969; MUNRO, 1969; HEGSTED, 1976). Der Vergleich der Tierkörperanalysen mit den entsprechenden Bilanzen ergab bei Ratten, Ferkeln, Hühnern und Enten einen bis zu 40 % geringeren N-Ansatz, als durch die N-Bilanzwerte errechnet wurde (RÜSNER, 1955; NEHRING,

1957; KINZEL, 1955; FÖLSTER, 1956).

Mit erwachsenen Ratten ermittelten LIN und HUANG (1982) in Bilanzstudien eine N-Retention von 14 % der Aufnahme, obwohl die Körper-N-Analyse keine Unterschiede zu einer am Versuchsbeginn getöteten gleichschweren Kontrollgruppe erbrachte.

Eine Vielzahl der mit erwachsenen Menschen ermittelten Bilanzen ergab bei hoher N-Aufnahme eine deutliche N-Retention, ohne daß eine entsprechende Änderung des Körpergewichts beobachtet werden konnte (MITCHELL, 1949; FISHER et al., 1967; STEFEE et al., 1976; ODDOYE und MARGEN, 1979). Dieses Ergebnis entspricht nicht der allgemeinen Ansicht, der Körperproteingehalt gut genährter Erwachsener bleibe bei unverändertem Körpergewicht annähernd konstant (HEGSTED, 1976). Damit müßten N-Aufnahme und N-Ausscheidung gleich groß und die N-Bilanz ausgeglichen sein.

WALLACE (1959) führt die überhöhte N-Retention auf kumulierende methodische Fehler zurück. Die N-Aufnahme wird gewöhnlich überschätzt, während die Sammlung der N-Ausscheidungen oft nicht vollständig ist. Diese geringen Fehler wirken sich deutlich auf die ermittelte Bilanz aus, da diese im Vergleich zu Aufnahme und Ausscheidung relativ gering ist.

MITCHELL (1949) erklärt die scheinbare N-Retention seiner Probanden mit N-Verlusten über die Körperoberfläche und "Keratinisierungsprozessen" im Körper. Tatsächlich können Verluste über Schweiß, Epithelabschilferungen und Haarausfall zu scheinbar positiven Bilanzergebnissen führen, wenn sie nicht entsprechend berücksichtigt werden (MITCHELL und EDMAN, 1962; ISAKSSON und SJÖGREN, 1967).

In einer sehr langsamen Anpassung des Körpers an einen

Wechsel der Nahrungs- bzw. Proteinaufnahme sieht FORBES (1973) die Ursache für diese Diskrepanz bei den normalerweise kurzen Bilanzperioden. Jedoch auch in langfristigen Bilanzuntersuchungen konnte diese Ansicht nicht bestätigt werden (GRINDLEY, 1912; ODDOYE und MARGEN, 1979).

Nach FISHER et al. (1967) erfolgt die N-Retention im Körper als "Reserve-N" in Nichtproteinform z. B. als Blutharnstoff-N. Dies kann allerdings nur einen Teil der Diskrepanz erklären.

Stickstoffhaltige Verbindungen wie Nitrat und Nitrit, die der Körper bilden kann, die jedoch mit der bei Bilanzstudien üblichen Kjeldahlmethode nicht erfaßt werden, liefern nur einen geringen Beitrag zu dem ermittelten Unterschied (TANNENBAUM et al., 1978; KURZER und CALLOWAY, 1981).

Diese unerklärbaren Ergebnisse führten zu Vermutungen, Stickstoff würde neben den Ausscheidungen über Kot, Harn und Körperoberfläche noch auf einem anderen Weg vom Körper eliminiert (COSTA, 1960). COSTA et al. (1968) stellten in Versuchen mit Mäusen und Menschen fest, daß elementarer Stickstoff in einer Größenordnung von 5 % bis 10 % der N-Aufnahme vom Körper produziert und mit der Atmung ausgeschieden wird. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch DUDKA et al. (1971). Diese Ergebnisse konnten von SCHIEMANN et al. (1962) und LEWIS und EVANS (1971) nicht bestätigt werden.

Mit ausgewachsenen Ratten bewiesen LIN und HUANG (1982) bei Ganzkörperanalysen, daß sehr hohe Proteinkonzentrationen im Futter einen N-Ansatz im Organismus bewirken. Das Körpergewicht war während der 8wöchigen Versuchsdauer durch restriktive Fütterung konstant gehalten worden.

Eine Reihe von Untersuchungen brachte jedoch sehr gute Übereinstimmung zwischen der Ganzkörperanalyse und den entsprechenden N-Bilanzen (BECKER und HARNISCH, 1958; HEPPA, 1959; HANSEL, 1960; SANSLONE und SQUIBB, 1962; NEERGARD, 1981). Voraussetzung dafür scheint eine große Sorgfalt bei der Versuchsdurchführung und der Verarbeitung der Proben zu sein. Eine gemeinsame Sammlung der Ausscheidungen in verdünnter Schwefelsäure (BECKER und HARNISCH, 1958) und eine Berücksichtigung von N-Mengen, die von den Ausscheidungen in die umgebende Luft abgegeben werden (HEPPA, 1959; HANSEL, 1960), sind ebenfalls von Bedeutung.

WATERLOW (1969) empfiehlt, um große Fehler zu vermeiden, N-Bilanzen bei einer Proteinaufnahme um den Bedarfswert durchzuführen.

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.1. Material und Methoden

3.1.1. Versuchstiere und Haltungsbedingungen

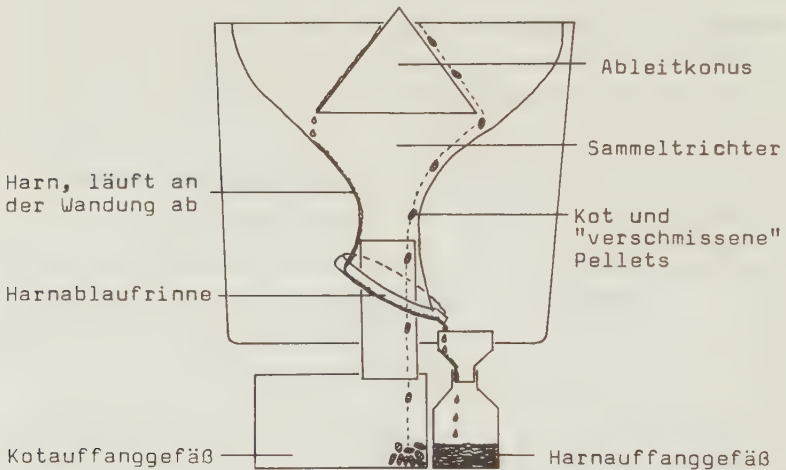
Die Bilanzuntersuchungen wurden mit zwei erwachsenen männlichen Tieren der Spezies *Callithrix jacchus* durchgeführt. Die Tiere stammen aus der Kolonie des Max von Pettenkofer-Instituts, München. Beide Tiere (8000, geb. 30.06.1981 und VOLKER, geb. 20.04.1981) waren in Gefangenschaft geboren worden. Sie waren bis zu Versuchsbeginn in 50x50x75 cm großen Gitterkäfigen untergebracht. Bei der Auswahl der Tiere diente neben dem Alter das Körpergewicht als Kriterium.

Die Tiere wurden während der gesamten Versuchsdauer einzeln in Stoffwechselkäfigen für Marmosets (Fa. Tecniplast, Gazzada, Italien) gehalten. Die annähernd quadratische Käfiggrundfläche beträgt 1500 cm² bei einer Höhe von 51 cm. Die Seiten- und die Rückwand bestehen aus rostfreiem Stahlblech. An der Vorderseite ist eine Plexiglasscheibe angebracht, die ein "Verspritzen" von Harn durch die Gitterstäbe verhindert. Der Boden besteht aus Maschendraht. In der Mitte ist quer durch den Käfig eine Sitzstange aus PVC angebracht. An der Käfigdecke, die aus Gitterstäben besteht, ist ein 24x15x15 cm großer Schlupfkasten aus PVC mit Maschendrahtboden befestigt. Der Futterautomat mit ca. 300 g Futterfassungsvermögen ist an der Vorderseite, von den Tieren leicht erreichbar, außerhalb des Käfigs angebracht. Eine 250 ml fassende Tränkeflasche befindet sich neben dem Futterautomat. Der Tränkenippel ragt in das Käfiginnere.

Eine Polyesterwanne unterhalb des Käfigs leitet Kot und Harn zum Trennsystem. Das Trennsystem besteht aus einem besonders geformten Sammeltrichter mit einem Ableitkonus.

Der Harn läuft an der Wandung des Sammeltrichters ab und gelangt über eine Ablaufrinne in das Harnauffanggefäß. Kot und "verschissene" Pellets fallen in das direkt unter dem Sammeltrichter befindliche Kotauffanggefäß.

Abb. 1: KOT- UND HARN-TRENNSYSTEM



Die Tiere waren zusammen mit weiteren männlichen Tieren der gleichen Spezies in einem klimatisierten Raum untergebracht. Die Raumtemperatur betrug $24 \pm 1^{\circ} \text{C}$, die relative Luftfeuchtigkeit 55 - 60 %. Künstliche Beleuchtung mit einer Intensität von 500 Lux erfolgte im 12 Stunden-Rhythmus (6.00-18.00 Uhr).

3.1.2. Versuchsplanung und Versuchsdurchführung

Mit zwei erwachsenen männlichen Tieren der Spezies *Callithrix jacchus* wurde für drei verschiedene Proteinquellen der minimale N-Gehalt im Futter ermittelt, der für die Aufrechterhaltung des N-Gleichgewichts notwendig ist. Durch Perioden mit minimalem Proteingehalt in den Diäten wurde die endogene N-Ausscheidung festgestellt. Damit konnte die NPU (Netto-Protein-Utilisation) und die Proteinverwertung unterhalb des Bilanzminimums errechnet werden. Gleichzeitig wurde, um mögliche Sammelfehler ermitteln zu können, die Kreatininausscheidung der Tiere gemessen und eine Phosphorbilanz aufgestellt. Kreatinin wird in täglich etwa gleichbleibenden Mengen über den Harn ausgeschieden und kann somit als Indikator für die Quantität der Harnsammlung dienen. Phosphor dagegen ist größtenteils im Kot enthalten und kann Aufschluß über etwaige Schwankungen in der Kotausscheidung geben.

Als Proteinquellen wurden ein Molkenproteinkonzentrat ("Globulal 70 N"), Sojaproteinkonzentrat ("Danpro A") und Casein (Säurecasein "Edible") eingesetzt.

In jeweils 14tägigen Fütterungsperioden wurden den Tieren von jeder Proteinquelle Diäten mit einer berechneten Proteinkonzentration von 18 %, 9 %, 6 %, 3 % und 1 % in der genannten Reihenfolge vorgesetzt. Die 18 % Diäten dienten neben der Gewöhnung der Tiere an die jeweilige Proteinquelle und Repletion der "Proteinreserven" auch der Ermittlung der Sammelfehler. Bei dieser hohen Proteinkonzentration müßten sich nämlich die Tiere theoretisch im N-Gleichgewicht befinden.

Die eigentlichen Bilanzversuche (Haupt- oder Sammelperioden) wurden während der letzten 5 Tage jeder Fütterungsperiode durchgeführt. In der 9tägigen Vorperiode wurden die Tiere an das Futter gewöhnt. Die Bilanzversuche dau-

erten jeweils von Montag 8.00 Uhr bis Samstag 8.00 Uhr. Die 18 % Caseindiät wurde drei Wochen lang gefüttert und dabei, um die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu überprüfen, zwei einander unmittelbar folgende Hauptperioden von jeweils 5 Tagen durchgeführt.

Vor Beginn der Hauptperioden wurden Käfig, Trenn- und Sammelsystem gründlich gereinigt. Den Tieren wurde dann eine bestimmte Menge Futter (meist 300 g) zugeteilt. "Verschissene" Pellets wurden täglich aus dem Kotationgefäß gesammelt und gepoolt. Am Ende der Hauptperiode wurde das im Futterautomaten übriggebliebene Futter eingesammelt. Von den eingewogenen, den im Futterautomaten übriggebliebenen und den "verschissenen" Pellets wurde die Trockensubstanz (TS) bestimmt. Der Futter-Trockensubstanzverzehr errechnete sich aus der eingewogenen Futter-TS minus (TS des übriggebliebenen Futters + TS der "verschissenen" Pellets). Somit konnten Fehler, die durch eine Lufttrocknung des Futters während der Hauptperiode auftreten würden, verhindert werden.

Kot wurde je nach Anfall mehrmals täglich eingesammelt, während der gesamten Hauptperiode gepoolt und bei -20°C in 100 ml Plastikbechern eingefroren.

Harn, der von den Tieren in nur sehr geringen Mengen, aber relativ häufig abgesetzt wird, wurde ca. jede Stunde mit 0,5 %iger (Vol/Vol) Schwefelsäurelösung mittels einer Spritzflasche von den Wandungen der Sammelvorrichtung abgespült. Dabei wurde soviel Schwefelsäurelösung verwendet, daß das tägliche "Harnvolumen" ca. 70 bis 90 ml betrug. Der verdünnte Harn wurde täglich um 8.00 Uhr in 100 ml Polyäthylenflaschen abgefüllt und bei -20°C bis zur Analyse aufbewahrt.

Die Tiere wurden zu Beginn und Ende jeder Hauptperiode gewogen und für weitere Berechnungen (Verzehr, Kreatinin-

ausscheidung, N-Bilanzminimum) der Mittelwert der beiden Messungen verwendet. Nach Beendigung der Hauptperiode wurde den Tieren Futter der nächsten Periode vorgelegt. Damit wurde keine Pause zwischen den 14tägigen Versuchsperioden eingelegt. Auch beim Wechsel der Proteinquelle wurde dieses Versuchsschema beibehalten.

3.1.3. Zusammensetzung der Versuchsdiäten

Zur Verfütterung gelangten halbsynthetische Diäten, die unterschiedliche Proteinquellen und -konzentrationen aufwiesen. Die Zusammensetzung der Versuchsdiäten ist in den Tabellen 14 bis 16 angegeben. Das Futter wurde den Tieren in Pelletform (Durchmesser 5 mm, Länge ca. 2 cm) vorgelegt. Die Herstellung des Versuchsfutters erfolgte im Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie der Tiermedizinischen Fakultät München. Sie ist bei SCHOEN (1982) ausführlich beschrieben.

Bei den eingesetzten Proteinquellen handelt es sich um hochwertige Proteine tierischen und pflanzlichen Ursprungs. Die Zusammensetzung der Proteinquellen ist in Tabelle 19 angegeben.

Das verwendete Molkenproteinkonzentrat ("Globulal 70 N") ist ein cremefarbenes Pulver. Es wird aus Sauermolke durch Extraktion von Lactose, Nichtproteinstickstoff und Mineralstoffen gewonnen, mit Kalilauge neutralisiert und schonend sprühgetrocknet. Es enthält neben etwa 70 % Lactalbumin noch Butterfett, Lactose, Asche und Wasser (Produktinformation, Fa. Meggle, Wasserburg, BRD). Nach MITCHELL (1964) stellt Methionin die limitierende Aminosäure des Lactalbumins dar.

Das eingesetzte Sojaproteinkonzentrat ("Danpro A") ist ein hochwertiges pflanzliches Protein. Bei der Herstellung werden nach dem feuchten Erhitzen und Zerkleinern der gereinigten Sojabohnen wasserlösliche Nichtproteinbestandteile mit verdünnter Säure herausgelöst. Anschließend wird das Produkt neutralisiert und sprühgetrocknet (Produktinformation, Aarhus Oliefabrik, Dänemark). Die limitierende Aminosäure ist Methionin (HUANG et al., 1980).

Säurecasein ("Edible") ist ein durch Fällung mit Säuren aus Magermilch gewonnenes Milcheiweiß, das im Sprühverfahren getrocknet wird. Es enthält mindestens 93 % Protein ($N \times 6,25$) in der Trockensubstanz (Produktinformation, Fa. Meggle, Wasserburg, BRD). Die limitierenden Aminosäuren im Casein sind nach MITCHELL (1964) Methionin und Cystein.

Die Sojaproteinkonzentrat- und Caseindiäten wurden mit DL-Methionin ergänzt. Die Höhe der Ergänzung betrug 1,7 % des errechneten Proteingehalts.

Als Kohlenhydratquellen dienten Saccharose, Glucose und Maisstärke. Mit diesen Komponenten wurden die unterschiedlichen Proteinkonzentrationen der Diäten ausgeglichen.

Die Mineralstoffkonzentrationen wurden weitgehend konstant gehalten. Der analysierte Phosphorgehalt in den Diäten ist aus Tabelle 21 zu ersehen. Der errechnete Gehalt der anderen Mineralstoffe in der Trockensubstanz der fertigen Futtermischungen betrug durchschnittlich 0,71 % Kalzium, 0,13 % Magnesium, 0,21 % Natrium, 0,85 % Kalium und 0,74 % Chlor.

Rohfaser wurde in Form von Mikrozellulose, die ca. 80 % Rohfaser enthält, zugesetzt. Der Rohfasergehalt des Sojaproteinkonzentrates (4 %) wurde durch die Zugabe von entsprechend weniger Mikrozellulose berücksichtigt.

Die Diäten sind nicht isokalorisch. Darauf wurde verzichtet, da bei einer ad-libitum-Fütterung ohnehin unterschiedliche Energiemengen verzehrt werden. Da die Tiere Pellets "verschmeißen", kann ihnen das Futter nicht rationiert werden. Der errechnete Bruttoenergiegehalt der Molkenproteinkonzentrat-, Sojaproteinkonzentrat- und Caseindiäten betrug durchschnittlich 4,74, 4,68 und 4,70 kcal/g Futter-TS. Dabei wurde für Rohprotein, Rohfett, Rohfaser und N-freie Extraktstoffe ein Energiegehalt von 5,7, 9,4, 4,2 und 4,1 kcal/g angenommen.

3.1.4. Analytische Methoden

3.1.4.1. Probenvorbereitung

Das pelletierte Futter wurde fein gemahlen, in Glasschalen eingewogen und bei 105° C 24 Stunden getrocknet. Der aufgetaute Kot wurde 7 Stunden bei ca. 95° C getrocknet. Zur Trockensubstanzbestimmung wurden die Schalen leer, mit feuchtem Kot und nach Abkühlung im Exsikkator gewogen. Nach dem Wiegevorgang wurde der getrocknete Kot mit einer Kaffeemühle fein gemahlen und dann für ca. 0,5 Stunden in den Trockenschrank gestellt, da der Kot während des Mahlvorgangs Feuchtigkeit anzieht.

Zur Phosphorbestimmung wurde ein Teil der Futter- und Kottrockensubstanz im Muffelofen 48 Stunden bei ca. 600° C verascht.

Die verdünnten Harnproben wurden in 100 ml Meßkolben gefiltert und mit destilliertem Wasser bis zur Eichmarke aufgefüllt. Somit betrug das tägliche "Harnvolumen" 100 ml.

3.1.4.2. Stickstoffbestimmung

Der Stickstoffgehalt der Proben wurde mit einem Auto-Analyser (Fa. Technicon) nach einer modifizierten Kjeldahlmethode bestimmt. In Dreifachbestimmungen wurden von Futter und Kot jeweils zwischen 0,4 und 0,8 g Trockensubstanz eingewogen. Von den verdünnten Harnproben wurden in Doppelbestimmungen 5 bis 15 ml in die Veraschkolben einpipettiert. Die Proben wurden nach Zugabe eines Selenreaktionsgemisches mit konzentrierter Schwefel- und Phosphorsäure (20:1) naß verascht. Die in der Lösung vorliegenden Ammoniumionen reagieren mit freiem Chlor zu Chloraminen, die in Gegenwart von Natriumnitroprussid als Katalysator mit Salicylat einen "Indolphenol-

Farbstoff" bilden. Der smaragdgrüne Farbkomplex wird bei 660 nm photometrisch gemessen. Der Stickstoffgehalt wird durch einen Schreiber in ppm angegeben.

3.1.4.3. Phosphorbestimmung

Bestimmung des anorganischen Phosphors in Futter und Kot

Phosphat bildet in salpetersaurer Lösung mit Molybdat und Vanadat einen gelben Farbkomplex, dessen Intensität von der Phosphorkonzentration abhängt.

Für die Doppelbestimmungen wurden jeweils ca. 100 mg Asche quantitativ in ein Becherglas überführt und mit 30 ml einer Lösung aus konz. Salzsäure, konz. Salpetersäure und destilliertem Wasser (Verhältnis 1:1:2) 5 Minuten gekocht, nach Abkühlung durch einen Weißbandfilter in einen Meßkolben filtriert und mit destilliertem Wasser auf 250 ml Volumen gebracht. Zur Messung wurden 10 ml daraus in einen 50 ml Meßkolben pipettiert, mit 15 ml Vanadat-Molybdat-Reagenz (in einem Liter dieser Lösung sind 118 ml HNO_3 (65 %), 16,7 g Ammoniumvanadat und 0,83 g Ammoniummolybdat gelöst) versetzt und mit Aqua dest. bis zur Eichmarke aufgefüllt. Der Gehalt des anorganischen Phosphors wurde nach ca. 15 Minuten mit einem Eppendorf-Photometer (Digitalphotometer 6114 S) bei 436 nm (Hg) bestimmt.

Die Konzentrationsberechnung des anorganischen Phosphors erfolgte folgendermaßen:

$$\% \text{ P in der TS} = \frac{\text{Extinktion} \times \% \text{ Asche i.d. TS} \times 33,66^{+}}{\text{mg Einwaage}}$$

+) Faktor, aus der Eichkurve ermittelt

Phosphorbestimmung im Harn

Die Bestimmung erfolgte nach dem gleichen Prinzip. Es wurde dabei nach den Arbeitsanleitungen der Fa. Boehringer, Mannheim (Test-Combination Phosphor, Phosphorlipide, Best. Nr. 124974), vorgegangen.

In Zentrifugengläser wurden als Doppelansätze jeweils 0,2 ml einer Mischung aus der verdünnten Harnprobe und dest. Wasser (1:2) mit 2 ml 1,2-molarer Trichloressigsäure versetzt. Nach 10 Minuten wurden die Proben zentrifugiert und 1 ml des Überstandes in ein Reagenzglas pipettiert. Dazu kamen jeweils 1 ml Ammoniummolybdat (21 mmol/l) und Ammoniumvanadat (40 mmol/l) der Testcombination. Nach 10 Minuten wurde die Extinktion bei 405 nm (Hg) gemessen. Ein Standard (0,5 mg P/100 ml), der bei jeder Reihe mitgeführt wurde, diente als Vergleichswert.

Der Phosphorgehalt der Proben wurde wie folgt errechnet:

$$\begin{aligned} 11 \times \frac{\text{Ext. Probe}}{\text{Ext. Standard}} &= \text{mg anorganischer Phosphor/100 ml} \\ &\quad \text{verdünnter Harn} \\ &= \text{mg P-Ausscheidung im Harn/Tag} \end{aligned}$$

3.1.4.4. Kreatininbestimmung

Die Kreatininbestimmung erfolgte nach der JAFFE-Methode. Kreatinin bildet in alkalischer Lösung mit Pikrat einen gelben Farbkomplex, dessen Intensität von der Kreatininkonzentration abhängt.

Bei der Bestimmung wurde nach den Arbeitsanleitungen der Fa. Boehringer, Mannheim (Test-Combination Creatinin, Best. Nr. 124192), vorgegangen. In Doppelbestimmungen wurden 0,5 ml 1:5 verdünnter Harn mit jeweils 0,5 ml Trichloressigsäure (1,2 mol/l), Pikrinsäure (35 mmol/l) und NaOH (1,6 mol/l) im Reagenzglas gemischt, 20 Minuten bei 25° C inkubiert und dann bei 546 nm (Hg) auf einem Digitalphotometer (6114 S, Fa. Eppendorf) gemessen. Bei

jeder Meßreihe wurden zwei Standard- und Leerwertbestimmungen durchgeführt.

Die Konzentration des Kreatinins ergab sich aus:

$$10 \times \frac{\text{Ext. Probe}}{\text{Ext. Standard}} = \text{mg Kreatinin/100 ml}$$
$$= \text{mg Kreatininausscheidung/Tag, da}$$

das tägliche Harnvolumen auf
100 ml gebracht worden war.

3.1.5. Ermittlung von N-Bilanzminimum, Verdaulichkeit, Proteinbewertung und Proteinverwertung

Aus der linearen Regression von N-Aufnahme und N-Bilanz bei Verfütterung der Diäten mit 9 %, 6 % und 3 % Proteingehalt wird das N-Bilanzminimum ermittelt. Dabei wird die N-Aufnahme auf der Abszisse, die N-Bilanz auf der Ordinate aufgetragen. Der Schnittpunkt von Regressionsgerade und Abszisse (N-Bilanz = 0) ergibt den minimalen N-Bedarf für die Aufrechterhaltung des N-Gleichgewichts. Der Proteinerhaltungsbedarf errechnet sich aus $N \times 6,25$. Alle Bedarfsangaben werden auf ein kg Körpergewicht (KGW) oder auf das metabolische Körpergewicht ($\text{kg KGW}^{0,75}$) bezogen.

Die Verdaulichkeit der Futtertrockensubstanz (TS) in % ergibt sich aus:

$$\frac{\text{TS-Futter} - \text{TS-Kot}}{\text{TS-Futter}} \times 100 = \% \text{ Futter-TS-Verdaulichkeit}$$

Die scheinbare Proteinverdaulichkeit errechnet sich aus der Formel:

$$\frac{\text{Prot. Futter} - \text{Prot. Kot}}{\text{Prot. Futter}} \times 100 = \text{scheinbare Proteinverdaulichkeit in \%}$$

Bei der Berechnung der wahren Proteinverdaulichkeit wird davon ausgegangen, daß der Kot-N-Gehalt bei Verfütterung der Diäten mit 1 % Proteingehalt ausschließlich endogenen

Ursprungs ist. Diese N-Ausscheidung wird als DVN (Darm-verluststickstoff) bezeichnet. Daraus folgt:

$$\text{wahre Proteinver-} \quad \text{Prot. Futter} - (\text{Prot. Kot} - \text{DVN}) \\ \text{daulichkeit in \%} = \frac{\text{Prot. Futter}}{\text{Prot. Futter}} \times 100$$

Die Netto-Protein-Utilisation (aus dem engl. Net-Protein-Utilization = NPU) ergibt sich aus der Formel:

$$\frac{\text{N-Futter} - (\text{N-Kot} - \text{DVN}) - (\text{N-Harn} - \text{EHN})}{\text{N-Futter}} \times 100 = \text{NPU}$$

EHN = endogene Harn-N-Ausscheidung

Der bei der Verfütterung der Diäten mit 1 % Proteingehalt ermittelte Harn-N-Gehalt gilt dabei als EHN.

Die Proteinverwertung unterhalb des N-Bilanzminimums errechnet sich aus:

$$\frac{\text{N-Gesamtausscheidung bei Verfütterung der 1 \% Diät}}{\text{N-Bilanzminimum bei Verfütterung der Proteinquelle}} \times 100 = \\ \text{Proteinverwertung in \%}.$$

3.2. Versuchsergebnisse

3.2.1. Allgemeinbefinden

Während der gesamten Versuchsdauer von insgesamt 31 Wochen traten keine Krankheitssymptome auf. Unterhautödem als typische Anzeichen einer Proteinmangelernährung konnten zu keiner Zeit beobachtet werden.

Die Tiere gewöhnten sich relativ schnell an die für sie ungewohnten kleineren Bilanzkäfige. Nur während der ersten Woche im neuen Käfig war Verzehrsrückgang, verbunden mit Gewichtsabnahme, zu beobachten. Bodo zeigte dabei geringere Körpergewichtsabnahmen als Volker, der offensichtlich eine etwas längere Gewöhnungsphase benötigte.

3.2.2. Verzehr und Körpergewichtsentwicklung

Der Verzehr in % des Körpergewichts ist aus den Tabellen 2 bis 7 zu ersehen. Die absolute Futter-TS-Aufnahme ist in den Tabellen 8 bis 13 angegeben. Mit Ausnahme der Caseindiäten bei Bodo und den Diäten mit 18 % (1. Sammelperiode) und 1 % Caseingehalt bei Volker, von denen weniger verzehrt wurden, lag die Futter-TS-Aufnahme zwischen 3 % und 4 % des Körpergewichts. Insgesamt wurde von den Sojaproteinkonzentrat- und Molkenproteinkonzentrat-Diäten mehr Futter aufgenommen als von den Caseindiäten, die nicht so gern gefressen wurden. Auf das Körpergewicht bezogen nahm Volker durchschnittlich etwas mehr Futtertrockensubstanz auf als Bodo.

Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Proteinkonzentration der Diät und Futteraufnahme ist nicht zu erkennen. Volker nahm jedoch bei den beiden niedrigsten Proteingehaltsstufen weniger Futter auf als bei höheren Pro-

teinkonzentrationen.

Volker neigte bei Verfütterung der 3 % und 1 % Diäten jeder Proteinquelle zu Koprophagie. Dieses Verhalten trat bei den höheren Proteingehaltsstufen nicht auf. Zusätzlich versuchte er bei den genannten Proteinkonzentrationen durch Aufnahme von Harn, den er z. T. direkt von der Präputiumöffnung ableckte, seinen Stickstoffbedarf zu decken.

Die Körpergewichtsentwicklung der Tiere während der Verfütterung der Versuchsdiäten ist in Abb. 2 dargestellt.

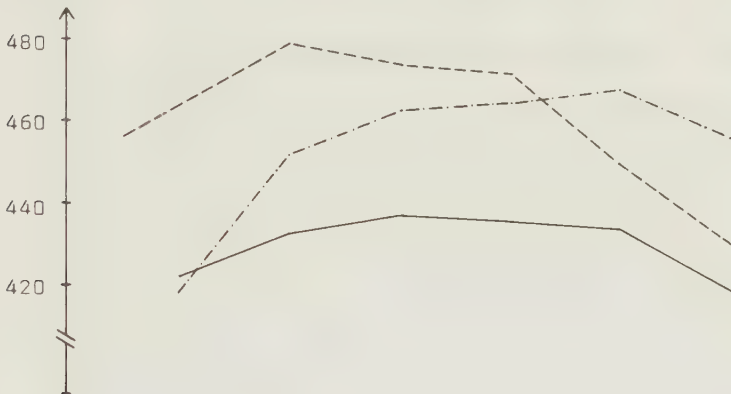
Volker wurde wegen starken Gewichtsverlustes nach dem 4. Tag der Sammelperiode (= nach dem 13. Tag der Fütterungsperiode) mit der 1 % Molkenproteinkonzentrat-Diät die nächstfolgende Diät (18 % Sojaproteinkonzentrat) vorgesetzt. Innerhalb von nur zwei Tagen nahm daraufhin das Körpergewicht um 30 Gramm zu.

Das Körpergewicht der Tiere nahm bei Verfütterung der Diäten mit 18 %, 9 % und 6 % Proteingehalt zu oder zeigte nur leicht abnehmende Tendenz. Erst mit Verfütterung der Diäten mit 3 % und 1 % Proteingehalt traten Körpergewichtsabnahmen beider Tiere auf, wenn man von dem gleichbleibenden Körpergewicht von Volker während der Diät mit 3 % Molkenproteinkonzentrat und der leichten Gewichtszunahme von Bodo bei Verfütterung der Diät mit 3 % Sojaproteinkonzentrat absieht. Volker zeigte insgesamt wesentlich größere Körpergewichtsschwankungen als Bodo. Ein Vergleich des Körpergewichts am Beginn und am Ende der 10- bzw. 11wöchigen (Casein) Versuchsdauer mit den einzelnen Proteinquellen ergibt für beide Tiere Gewichtszunahmen bei Sojaproteinkonzentrat, während das Körpergewicht bei Molkenproteinkonzentrat und Casein abnimmt. Die Körpergewichtsentwicklung während der

Abb. 2: KÖRPERGEWICHTSENTWICKLUNG DER TIERE BEI
VERFÜTTERUNG DER TESTPROTEINE

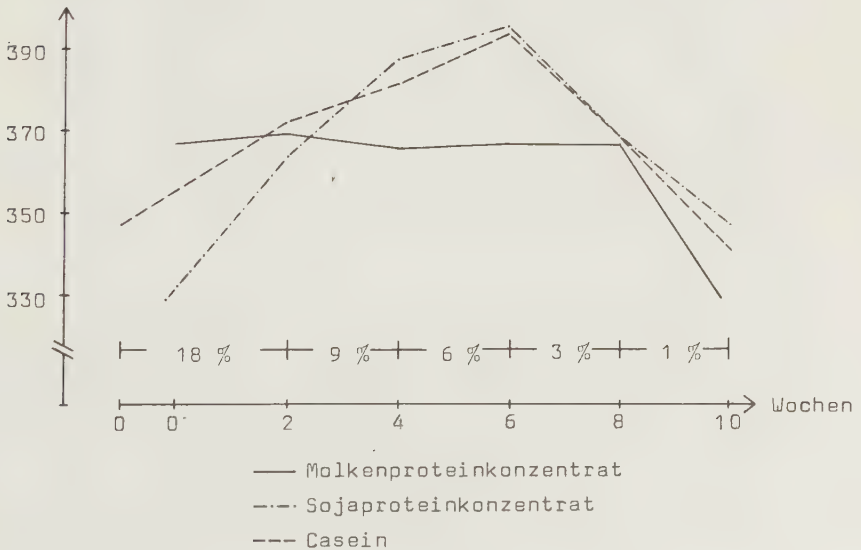
Körpergewicht
in g

a) BODD



Körpergewicht
in g

b) VOLKER



einzelnen Sammelperioden ist aus den Tabellen 8 bis 13 zu ersehen. Sie war nicht immer identisch mit jener während der Fütterungsperiode.

3.2.3. Verdaulichkeit und Kotbeschaffenheit

Die Verdaulichkeitswerte sind nach Tier und Proteinquelle getrennt in den Tabellen 2 bis 7 angegeben. Die Ergebnisse der Futter-TS-Verdaulichkeit zeigen einen deutlichen Unterschied zwischen den beiden Tieren. Während Bodo 82,0 % bis 87,7 % der aufgenommenen Futter-TS verdaute, betrugen die Werte für Volker 74,5 % bis 85,9 %. Die höchsten Verdaulichkeitswerte ergaben sich bei den Diäten mit hohem Caseinanteil. Am schlechtesten verdaubar war bei beiden Tieren die Diät mit 18 % Sojaproteinkonzentrat.

Die scheinbare Proteinverdaulichkeit nahm mit sinkenden Proteinkonzentrationen ab (Tabellen 2 bis 7).

Ein Vergleich der verschiedenen Proteinquellen zeigt mit 89,7 % und 89,3 % bzw. 85,8 % und 87,2 % scheinbarer Proteinverdaulichkeit für Bodo bzw. Volker bei Aufnahme der 18 % Caseindiäten die höchsten Werte. Bei derselben Proteinkonzentration waren Molkenproteinkonzentrat und Sojaproteinkonzentrat mit 86,3 % und 87,5 % bei Bodo bzw. 79,3 % und 77,5 % bei Volker schlechter verdaubar.

Mit Ausnahme der Molkenproteinkonzentrat-Diäten bei Volker ergaben sich mit abnehmender Proteinkonzentration sinkende Werte für die wahre Proteinverdaulichkeit. Ein leichter Anstieg war erst bei Verabreichung der Diäten mit 3 % Proteingehalt erkennbar. Dies resultiert aus der Tatsache, daß der Kot-N-Gehalt bei den drei höchsten Proteingehaltsstufen weitgehend konstant war. Volker schied, im Vergleich zu der vorangehenden 3 %

Tabelle 2: FUTTERVERZEHR, VERDAULICHKEIT, PROTEINBEWERTUNG UND PROTEINVERWERTUNG
VON BODO BEI VERFÜTTERUNG DER MOLKENPROTEINKONZENTRAT-DIÄTEN

Proteinkonzentration	18 %	9 %	6 %	3 %	1 %
Futter-TS-Verzehr in % des KGW	3,48	3,19	3,38	3,11	3,79
Verdaulichkeit der Futter-TS in %	84,95	85,66	84,70	85,09	84,03
scheinbare Proteinverdaul. in %	86,29	73,70	60,83	40,38	-----
wahre Proteinverdaul. in % ¹⁾	93,56	89,11	82,00	84,29	-----
NPU ²⁾	29,68	33,80	46,91	75,63	-----
Proteinverwertung unterhalb des Bilanzminimums = 49,29 %					

1) DVN: 33,21 mg/Tag = Kot-N-Ausscheidung bei Verfütterung der 1 % Diät

2) endogene N-Gesamtausscheidung: 57,00 mg/Tag = Kot- und Harn-N-Ausscheidung bei
Verfütterung der 1 % Diät

Tabelle 3: FUTTERVERZEHR, VERDAULICHKEIT, PROTEINBEWERTUNG UND PROTEINVERWERTUNG
VON VOLKER BEI VERFÜTTERUNG DER MOLKENPROTEINKONZENTRAT-DIÄTEN

Proteinkonzentration	18 %	9 %	6 %	3 %	1 %
Futter-IS-Verzehr in % des KGW	4,00	3,32	3,69	3,47	3,54
Verdaulichkeit der Futter-IS in %	81,41	81,97	82,99	84,74	75,47
scheinbare Proteinverdaul. in %	79,28	67,26	57,89	47,92	-----
wahre Proteinverdaul. in % ¹⁾	91,89	95,15	96,76	126,60	-----
NPV ²⁾	33,53	44,41	68,98	113,38	-----
Proteinverwertung unterhalb des Bilanzminimums = 61,95 %					

1) DVN: 55,82 mg/Tag = Kot-N-Ausscheidung bei Verfütterung der 1 % Diät

2) endogene N-Gesamtausscheidung: 82,00 mg/Tag = Kot- und Harn-N-Ausscheidung bei
Verfütterung der 1 % Diät

Tabelle 4: FUTTERVERZEHR, VERDAULICHKEIT, PROTEINBEWERTUNG UND PROTEINVERWERTUNG
VON 8000 BEI VERFÜTTERUNG DER SOJAPROTEINKONZENTRAT-DIÄTEN

Proteinkonzentration	18 %	9 %	6 %	3 %	1 %
Futter-TS-Verzehr in % des KGW	3,39	3,35	3,38	3,13	3,11
Verdaulichkeit der Futter-TS in %	82,02	84,93	84,66	86,69	86,52
scheinbare Proteinverdaul. in %	87,49	76,62	64,19	46,79	-----
wahre Proteinverdaul. in % ¹⁾	94,14	89,32	83,04	85,52	-----
NPU ²⁾	30,81	39,67	48,26	72,20	-----
Proteinverwertung unterhalb des Bilanzminimums = 56,81 %					

1) DVN: 30,09 mg/Tag = Kot-N-Ausscheidung bei Verfütterung der 1 % Diät

2) endogen N-Gesamtausscheidung: 54,87 mg/Tag = Kot- und Harn-N-Ausscheidung bei
Verfütterung der 1 % Diät

Tabelle 5: FUTTERVERZEHR, VERDAULICHKEIT, PROTEINBEWERTUNG UND PROTEINVERWERTUNG
VON VOLKER BEI VERFÜTTERUNG DER SOJAPROTEINKONZENTRAT-DIÄTEN

Proteinkonzentration	18 %	9 %	6 %	3 %	1 %
Futter-TS-Verzehr in % des KGW	3,55	3,64	3,64	3,06	3,29
Verdaulichkeit der Futter-TS in %	74,49	80,68	79,66	80,11	79,30
scheinbare Proteinverdaul. in %	77,47	67,89	49,31	19,49	-----
wahre Proteinverdaul. in % ¹⁾	88,14	86,70	77,49	87,09	-----
NPU ²⁾	26,86	45,13	49,62	67,62	-----
Proteinverwertung unterhalb des Bilanzminimums = 53,95 %					

1) DVN: 40,90 mg/Tag = Kot-N-Ausscheidung bei Verfütterung der 1 % Diät

2) endogene N-Gesamtausscheidung: 62,14 mg/Tag = Kot- und Harn-N-Ausscheidung bei
Verfütterung der 1 % Diät

Tabelle 6: FUTTERVERZEHR, VERDAULICHKEIT, PROTEINBEWERTUNG UND PROTEINVERWERTUNG
VON BODO BEI VERFÜTTERUNG DER CASEIN-DIÄTEN

Proteinkonzentration	18 % I	18 % II	9 %	6 %	3 %	1 %
Futter-TS-Verzehr in % des KGW	2,81	2,62	2,60	2,65	2,47	2,88
Verdaulichkeit der Futter-TS in %	87,70	87,25	86,27	86,54	86,60	86,40
scheinbare Proteinverdaul. in %	89,69	89,25	77,77	67,60	48,95	-----
wahre Proteinverdaul. in % ¹⁾	95,98	96,01	91,13	88,07	92,22	-----
NPV ²⁾	26,77	22,14	31,11	47,16	70,32	-----
Proteinverwertung unterhalb des Bilanzminimums = 40,13 %						

1) DVN: 27,69 mg/Tag = Kot-N-Ausscheidung bei Verfütterung der 1 % Diät

2) endogene N-Gesamtausscheidung: 50,69 mg/Tag = Kot- und Harn-N-Ausscheidung bei

Verfütterung der 1 % Diät

Tabelle 7: FUTTERVERZEHR, VERDAULICHKEIT, PROTEINBEWERTUNG UND PROTEINVERWERTUNG
VON VOLKER BEI VERFÜTTERUNG DER CASEIN-DIÄTEN

Proteinkonzentration	18 % I	18 % II	9 %	6 %	3 %	1 %
Futter-TS-Verzehr in % des KGW	2,80	3,32	3,13	3,30	3,35	2,86
Verdaulichkeit der Futter-TS in %	83,60	85,61	85,92	83,83	81,38	79,68
scheinbare Proteinverdaul. in %	85,83	87,23	78,53	61,82	24,62	-----
wahre Proteinverdaul. in % ¹⁾	98,38	97,69	99,22	91,23	82,10	-----
NPU ²⁾	41,65	38,06	53,89	68,34	63,01	-----
Proteinverwertung unterhalb des Bilanzminimums = 66,53 %						

1) DVN: 41,15 mg/Tag = Kot-N-Ausscheidung bei Verfütterung der 1 % Diät

2) endogene N-Gesamtausscheidung: 67,63 mg/Tag = Kot- und Harn-N-Ausscheidung bei

Verfütterung der 1 % Diät

Diät, bei der niedrigsten Molkenproteinkonzentrat-Gehaltsstufe sehr viel Kot und damit auch sehr viel Stickstoff über den Kot aus. Daraus ergaben sich mit fast 127 % wahrer Proteinverdaulichkeit und einer NPU von 113 rechnerisch überhöhte Werte für die 3 % Diät (Tabelle 3).

Der Kot wies zu 95 % eine feste, gut geformte Beschaffenheit auf, zu 5 % war er ungeformt. Der Anteil der Kottrockensubstanz lag bei Bodo zwischen 31,8 % und 47,3 %, bei Volker zwischen 33,5 % und 44,4 % (Tabellen 22 und 23). Während der Perioden mit Koprophagie zeigte der Kot von Volker auffallend pastösen Charakter. Unterschiede konnten hinsichtlich der Kotfarbe beider Tiere beobachtet werden. Die dunkelgelbe Kotfarbe von Bodo unterschied sich deutlich von dem Hell- bis Dunkelbraun von Volkers Kot und ähnlich ernährter anderer Tiere. Auffallend war auch der hohe Kotaschegehalt von Bodo im Vergleich zu Volker (Tabellen 22 und 23) und anderen Tieren der gleichen Spezies. (ADLER, 1984).

3.2.4. Endogene N-Ausscheidung, Proteinbewertung und Proteinverwertung

Die N-Ausscheidung über Kot und Harn bei Verfütterung der Diäten mit 1 % Proteingehalt wurde als endogene Ausscheidung angesehen. Diese betrug für Molkenproteinkonzentrat, Sojaproteinkonzentrat und Casein als Proteinquelle bei Bodo 57,00 mg, 54,87 mg und 50,69 mg/Tag, bei Volker 82,00 mg, 62,14 mg und 67,63 mg/Tag (Tabellen 8 bis 13).

Somit zeigte Bodo als wesentlich schwereres Tier eine deutlich niedrigere endogene N-Ausscheidung als Volker. Die endogene Kot-N-Ausscheidung (DVN) liegt in allen Fällen über der endogenen Harn-N-Ausscheidung (EHN), die nur 32 % (Volker, Molkenproteinkonzentrat) bis 45 %

(Bodo, Casein) der gesamten endogenen N-Ausscheidung ausmacht.

Bei Volker ist die Aufnahme von Kot und Harn bei Verfütterung dieser Diäten zu berücksichtigen, die zu den relativ großen Schwankungen der endogenen N-Ausscheidung geführt haben dürften. Die Ergebnisse von Bodo zeigen, vor allem was die endogene Harn-N-Ausscheidung betrifft, gute Übereinstimmung. Der endogene Stickstoffgehalt im Kot ist bei ihm korreliert mit der Futter-TS-Aufnahme ($r = 0,99$ bei $n = 3$).

Die errechnete NPU ist in den Tabellen 2 bis 7 angegeben. Mit zunehmend geringerem Proteingehalt in der Diät steigt die NPU deutlich an.

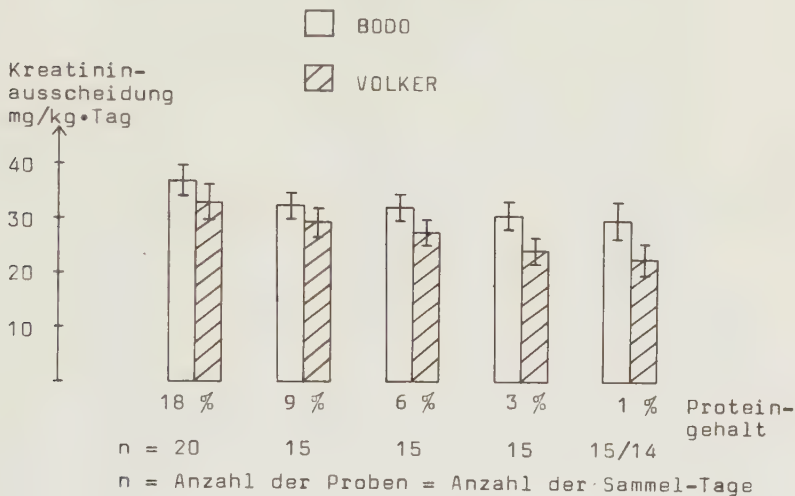
Die Proteinverwertung unterhalb des Bilanzminimums für Molkenproteinkonzentrat, Sojaproteinkonzentrat und Casein betrug bei Bodo 49,3 %, 56,8 % und 40,1 %, bei Volker 61,9 %, 53,9 % und 66,5 %. Durchschnittlich zeigte damit Volker in diesem Bereich eine etwas bessere Proteinverwertung als Bodo. Da die ermittelten Werte stark streuen, können keine eindeutigen Unterschiede zwischen den einzelnen Proteinquellen festgestellt werden.

3.2.5. Kreatininausscheidung

Die Kreatininausscheidung ist aus den Tabellen 8 bis 13 zu ersehen. Absolut, aber auch auf das Körpergewicht bezogen, lag sie bei Bodo höher als bei Volker. Bemerkenswert ist der deutliche Rückgang der Ausscheidung mit abnehmender Proteinkonzentration der Diäten (Abb.3). In diesem Zusammenhang ist von Interesse, daß auch die Harnmenge beider Tiere deutlich abnahm, obwohl nur bei Volker während der Diäten mit 3 % und 1 % Proteingehalt die Aufnahme von Harn beobachtet werden konnte. Die aus den Ergebnissen der täglichen Kreatininausscheidung er-

mittelte Standardabweichung beträgt bei beiden Tieren ca. 10 % der Ausscheidungsmenge (Abb. 3).

Abb. 3: BEZIEHUNG ZWISCHEN PROTEINGEHALTSTUFE UND TÄGLICHER KREATININAUSSCHIEDUNG



3.2.6. Bilanzuntersuchungen

Die Ergebnisse der N- und P-Bilanzuntersuchungen sind in den Tabellen 8 bis 13 angegeben. Die N-Bilanz ist, wenn man von dem leicht negativen Wert Volkers bei Verfütterung der Diät mit 9 % Molkenproteinkonzentrat absieht, bei den drei höchsten Proteingehaltsstufen jeder Proteinquelle positiv. Dabei geht in die Berechnung ein geschätzter N-Verlust über die Körperoberfläche von 20 mg N/kg KGW^{0,75} ein. Die N-Bilanzergebnisse zeigen größtenteils Übereinstimmung mit der in Abb. 2 dargestellten Körpergewichtsentwicklung, die ebenfalls erst bei Verfütterung der Diäten mit 3 % und 1 % Proteinge-

Tabelle 8: ERGEBNISSE DER N- UND P- BILANZUNTERSUCHUNGEN MIT BODO¹⁾
TESTPROTEIN: MOLKENPROTEINKONZENTRAT ("GLOBULAL 70 N")

Proteinkonzentration	in g	18 %		9 %		6 %		3 %		1 %	
		N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
Körpergewicht		427,0	→ 432,3	437,7	→ 437,3	437,0	→ 435,3	431,8	→ 432,8	423,8	→ 418,7
Futterverzehr	g Ts/Tg	14,97		13,96		14,75		13,46		15,97	
Energieaufnahme ²⁾	kcal/Tg	74,80		66,67		69,37		62,40		73,20	
Kreatininausschd.	mg/Tg	16,96		14,89		13,84		12,78		11,97	
Aufnahme	mg/Tg	456,69	84,89	228,82	79,38	156,92	82,44	75,63	73,62	31,15	88,34
Kot	mg/Tg	62,61	60,94	58,12	60,94	61,46	67,79	45,09	58,15	33,21	70,30
Harn	mg/Tg	315,53	16,07	150,35	17,02	78,85	14,50	30,34	14,53	23,79	18,70
Körperoberfläche ³⁾	mg/Tg	10,61		10,76		10,73		10,66		10,46	
Gesamtausscheidg.	mg/Tg	388,75	77,01	219,23	77,96	151,04	82,29	86,09	72,68	67,46	89,00
Bilanz	mg/Tg	+67,94	+7,88	+9,59	+1,42	+5,88	+0,15	-10,46	+0,94	-36,31	-0,66

1) Ergebnisse beziehen sich auf jeweils 5-tägige Sammelperioden

2) Bruttoenergie

3) geschätzte Verluste: 20 mg N x kg KGW^{0,75}

Tabelle 9: ERGEBNISSE DER N- UND P- BILANZUNTERSUCHUNGEN MIT VOLKER¹⁾
TESTPROTEIN: MOLKENPROTEINKONZENTRAT ("GLOBALAL 70 N")

Proteinkonzentration	in g	18 %		9 %		6 %		3 %		1 % ²⁾	
		N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
Körpergewicht		356,0	→ 369,4	369,2	→ 365,8	364,0	→ 367,0	360,5	→ 367,1	344,8	→ 329,3
Futterverzehr	g TS/Tg	14,51		12,21		13,50		12,62		11,93	
Energieaufnahme ³⁾	kcal/Tg	72,50		58,31		63,49		58,51		54,69	
Kreatininausschdg.	mg/Tg	12,88		10,98		10,42		9,79		8,45	
Aufnahme	mg/Tg	442,74	82,31	200,10	69,42	143,62	75,45	70,95	69,05	23,26	65,96
Kot	mg/Tg	91,73	62,50	65,52	53,77	60,48	55,66	36,95	44,59	55,82	64,46
Harn	mg/Tg	284,55	13,76	127,72	18,55	66,07	17,82	35,56	18,93	26,18	15,32
Körperoberfläche ⁴⁾	mg/Tg	9,35		9,44		9,40		9,37		8,85	
Gesamtausscheidg.	mg/Tg	385,63	76,16	202,68	72,32	135,95	73,48	81,88	63,52	90,85	79,78
Bilanz	mg/Tg	+57,11	+6,15	-2,58	-2,90	+7,67	+1,97	-10,93	+5,53	-67,59	-13,82

1) Ergebnisse beziehen sich auf jeweils 5-tägige Sammelperioden

2) Dauer der Sammelperiode: 4 Tage

3) Bruttoenergie

4) geschätzte Verluste: 20 mg N x kg KGW^{0,75}

Tabelle 10: ERGEBNISSE DER N- UND P- BILANZUNTERSUCHUNGEN MIT BODD¹⁾
TESTPROTEIN: SOJAPROTEINKONZENTRAT ("DANPRO A")

Proteinkonzentration		18 %		9 %		6 %		3 %		1 %	
	in g										
		N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
Körpergewicht		444,3	→ 452,0	461,5	→ 462,9	461,5	→ 464,7	469,0	→ 468,2	460,6	→ 456,4
Futterverzehr	g TS/Tg	15,21		15,50		15,66		14,69		14,24	
Energieaufnahme ²⁾	kcal/Tg	73,74		72,94		72,94		67,70		65,19	
Kreatininausschd.	mg/Tg	16,60		15,33		15,57		14,73		14,56	
Aufnahme	mg/Tg	452,10	97,05	236,90	95,19	159,61	91,79	77,69	85,48	29,33	82,59
Kot	mg/Tg	56,57	78,03	55,39	69,29	57,16	73,02	41,34	60,91	30,09	58,19
Harn	mg/Tg	311,10	14,52	142,40	21,24	80,29	21,64	35,12	20,42	24,78	23,79
Körperoberfläche ³⁾	mg/Tg	10,95		11,21		11,23		11,33		11,14	
Gesamtausschd.	mg/Tg	378,62	92,55	209,00	90,53	148,68	94,66	87,79	81,33	66,01	81,98
Bilanz	mg/Tg	+73,48	+4,50	+27,90	+4,66	+10,93	-2,87	-10,10	+4,15	-36,68	+0,61

1) Ergebnisse beziehen sich auf jeweils 5-tägige Sammelperioden

2) Bruttoenergie

3) geschätzte Verluste: 20 mg N x kg KG^{0,75}

Tabelle 11: ERGEBNISSE DER N- UND P- BILANZUNTERSUCHUNGEN MIT VOLKER¹⁾
TESTPROTEIN: SOJAPROTEINKONZENTRAT ("DANPRO A")

Proteinkonzentration	in g	18 %		9 %		6 %		3 %		1 %	
		N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
Körpergewicht	in g	363,6	→ 363,5	393,8	→ 388,0	386,0	→ 396,6	378,4	→ 369,2	353,9	→ 347,3
Futtermittelverzehr	g TS/Tg	12,90		14,24		14,25		11,44		11,52	
Energieaufnahme ²⁾	kcal/Tg	62,54		67,01		66,38		52,73		52,74	
Kreatininausschd.	mg/Tg	11,59		11,20		10,83		7,98		6,51	
Aufnahme	mg/Tg	383,45	82,34	217,53	87,41	145,17	83,48	60,50	66,57	23,73	66,82
Kot	mg/Tg	86,38	67,65	69,84	65,25	73,58	62,11	48,71	47,30	40,90	59,76
Harn	mg/Tg	256,20	14,72	111,65	18,94	61,69	16,71	33,02	16,25	21,24	14,33
Körperoberfläche ³⁾	mg/Tg	9,36		9,89		9,89		9,56		9,11	
Gesamtausschd.	mg/Tg	351,94	82,37	191,38	84,19	145,16	78,82	91,29	63,55	71,25	74,09
Bilanz	mg/Tg	+31,51	-0,03	+26,15	+3,22	+0,01	+4,66	-30,79	+3,02	-47,52	-7,27

1) Ergebnisse beziehen sich auf jeweils 5-tägige Sammelperioden

2) Bruttoenergie

3) geschätzte Verluste: 20 mg N x kg KGW^{0,75}

Tabelle 12: ERGEBNISSE DER N- UND P- BILANZUNTERSUCHUNGEN MIT BODD¹⁾
 TESTPROTEIN: CASEIN (SÄURECASEIN "EDIBLE")

Proteinkonzentration	in g	18 %		9 %		6 %		3 %		1 %	
		N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
Körpergewicht		478,4	479,6	477,7	474,2	470,7	472,0	453,7	450,1	431,5	430,3
		(479,6)	(479,3)								
Futtermittelverzehr	g TS/Tg	13,48	(12,54)	12,36		12,49		11,17		12,42	
Energieaufnahme ²⁾	kcal/Tg	65,98	(61,38)	58,45		58,38		51,56		56,88	
Kreatininausscheidung	mg/Tg	17,01	(16,97)	14,15		14,19		13,35		12,21	
Aufnahme	mg/Tg	440,24	78,54	207,31	71,28	135,27	70,82	63,99	63,54	27,44	69,17
		(409,31)	(73,02)								
Kot	mg/Tg	45,37	56,59	46,08	53,93	43,83	53,23	32,67	47,15	27,69	51,54
		(44,02)	(52,35)								
Harn	mg/Tg	327,69	19,40	147,42	17,16	78,34	15,22	37,01	14,60	23,00	17,56
		(325,34)	(20,12)								
Körperoberfläche ³⁾	mg/Tg	11,52	(11,52)	11,46		11,38		11,02		10,64	
Gesamtausscheidung	mg/Tg	384,58	75,99	204,96	71,09	133,55	68,45	80,70	61,75	61,33	69,10
		(380,88)	(72,47)								
Bilanz	mg/Tg	+55,66	+2,55	+2,35	+0,19	+1,72	+2,37	-16,71	+1,79	-33,89	+0,07
		(+28,43)	(+0,55)								

1) Ergebnisse beziehen sich auf jeweils 5-tägige Sammelperioden

2) Bruttoenergie 3) geschätzte Verluste: 20 mg N x kg KGW^{0,75}

Ergebnisse in Klammern beziehen sich auf die 2. Sammelperiode während der 18 % Diät

Tabelle 13: ERGEBNISSE DER N- UND P-BILANZUNTERSUCHUNGEN MIT VOLKER¹⁾
TESTPROTEIN: CASEIN (SÄURECASEIN "EDIBLE")

Proteinkonzentration		18 %		9 %		6 %		3 %		1 %	
Körpergewicht	in g	365,2 → 352,9 (352,9 → 371,7)		375,7 → 382,0		388,7 → 394,0		375,5 → 369,3		353,0 → 341,4	
Futterverzehr	g TS/Tg	10,04 (12,04)		11,86		12,92		12,49		9,94	
Energieaufnahme ²⁾	kcal/Tg	49,15 (58,94)		56,09		60,39		57,65		45,52	
Kreatininauschg.	mg/Tg	10,97 (12,09)		10,93		9,85		8,47		7,90	
		N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
Aufnahme	mg/Tg	327,79 (393,17)	58,48 (70,14)	198,86	68,37	139,91	73,25	71,58	71,08	21,98	55,39
Kot	mg/Tg	46,46 (50,22)	37,78 (39,56)	42,70	44,16	53,42	53,98	53,96	55,40	41,15	49,43
Harn	mg/Tg	212,42 (260,95)	20,77 (23,06)	116,62	18,98	58,50	15,12	40,15	15,46	26,48	14,65
Körperoberfläche ³⁾	mg/Tg	9,28 (9,34)		9,66		9,90		9,53		9,05	
Gesamtausscheidg.	mg/Tg	268,16 (320,51)	58,55 (62,62)	168,98	63,14	121,82	69,10	103,64	70,86	76,68	64,08
Bilanz	mg/Tg	+59,63 (+72,66)	-0,07 (+7,52)	+29,88	+5,23	+18,09	+4,15	-32,06	+0,22	-54,70	-8,69

1) Ergebnisse beziehen sich auf jeweils 5-tägige Sammelperioden

2) Bruttoenergie³⁾ geschätzte Verluste: 20 mg N x kg KG^{0,75}

Ergebnisse in Klammern beziehen sich auf die 2. Sammelperiode während der 18 % Diät

Abb. 4: BEZIEHUNG ZWISCHEN N-AUFNAHME UND N-BILANZ
TESTPROTEIN: MOLKENPROTEINKONZENTRAT ("GLOBULAL 70 N")

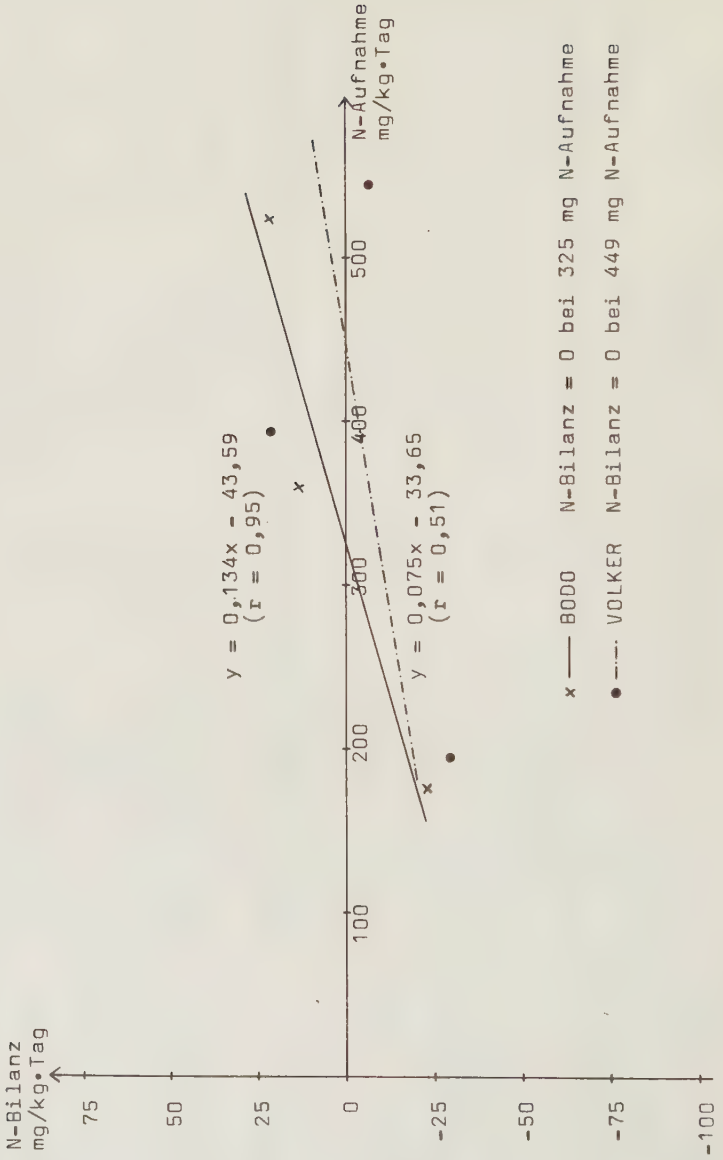


Abb. 5: BEZIEHUNG ZWISCHEN N-AUFNAHME UND N-BILANZ
TESTPROTEIN: SOJAPROTEINKONZENTRAT ("DANPRO A")

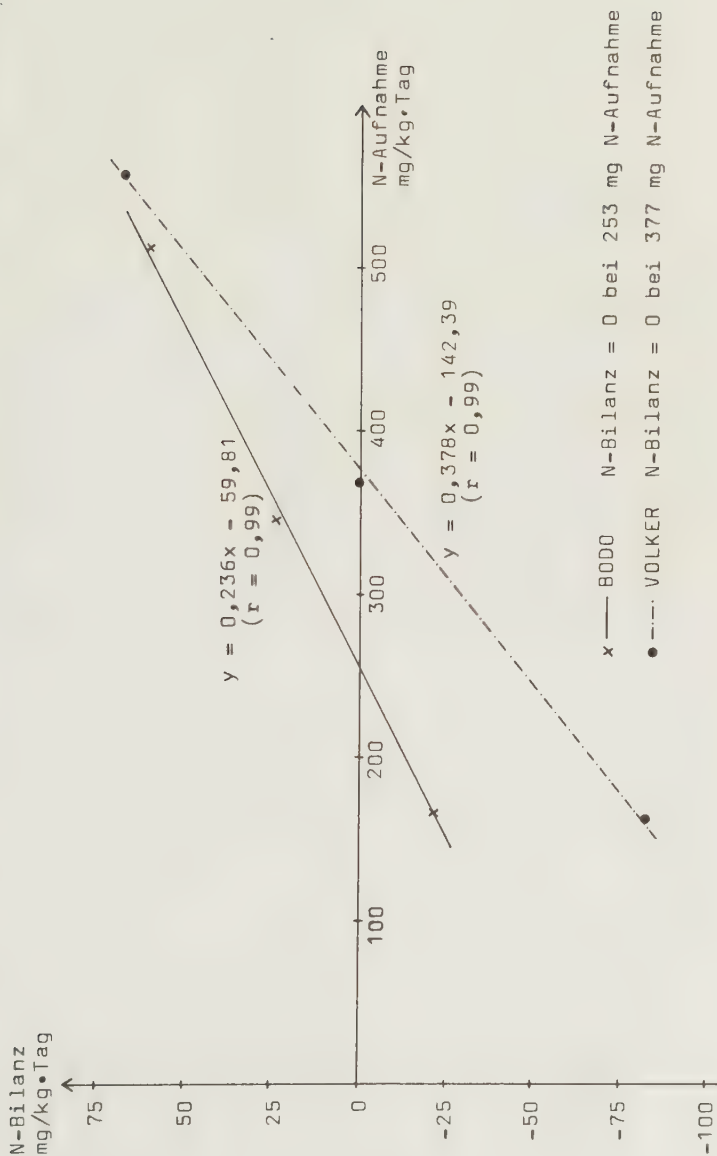
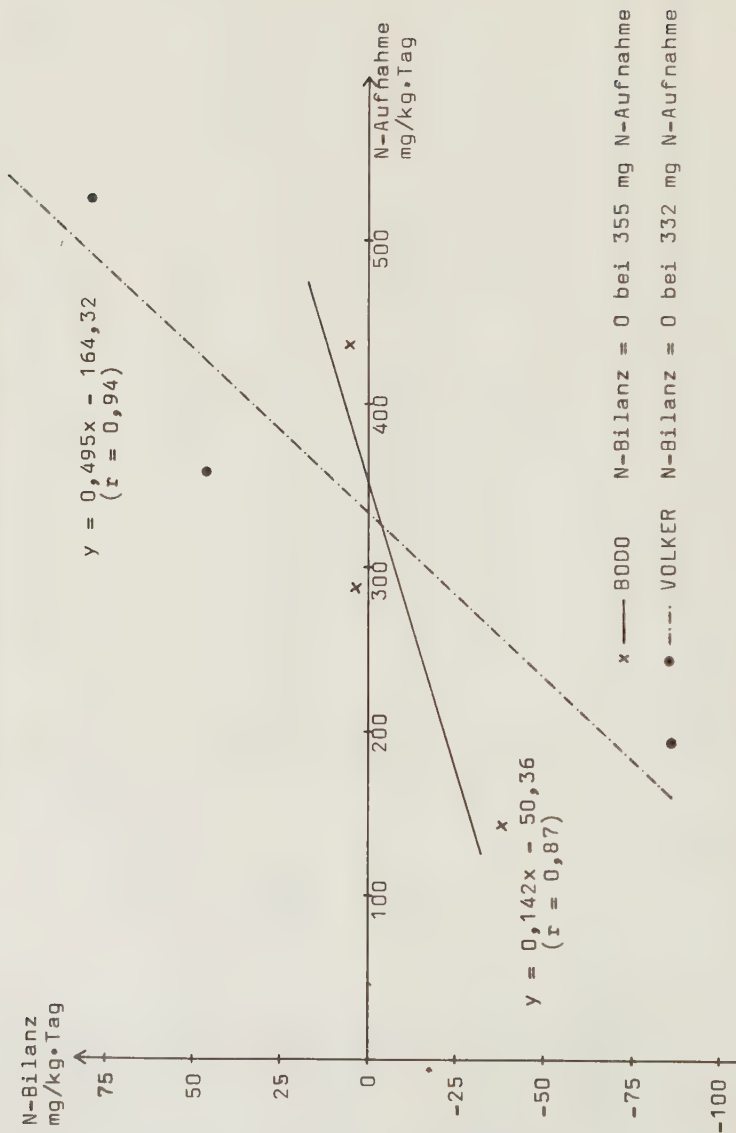


Abb. 6: BEZIEHUNG ZWISCHEN N-AUFNAHME UND N-BILANZ
TESTPROTEIN: CASEIN (SÄURECASEIN "EDIBLE")



halt deutlich negativ ist. Ausnahmen bilden dabei die Diäten mit 3 % Molkenproteinkonzentrat (Volker) und 3 % Sojaproteinkonzentrat (Bodo). Bei Verfütterung dieser Diäten blieb das Körpergewicht gleich (Volker) bzw. nahm etwas zu (Bodo).

Die Beziehung zwischen N-Aufnahme bei Verfütterung der 9 %, 6 % und 3 % Diäten und der entsprechenden N-Bilanz ist nach Proteinquellen getrennt in den Abb. 4 bis 6 dargestellt. Die aus der linearen Regression ermittelte Gerade schneidet die x-Achse (N-Bilanz = 0) im sogenannten N-Bilanzminimum. Dieses betrug, in g Protein/kg KGW·Tag umgerechnet ($N \times 6,25$), für Bodo 2,0 g, 1,6 g und 2,2 g für Molkenproteinkonzentrat, Sojaproteinkonzentrat und Casein. Die entsprechenden Werte für Volker betrugen 2,8 g, 2,4 g und 2,1 g. Bodo benötigte somit auf das Körpergewicht bezogen, wenn man von Casein absieht, etwas weniger Protein für die Aufrechterhaltung des Körper-N-Gehalts als Volker. Bodo brauchte im Vergleich zu den anderen Proteinquellen weniger Sojaproteinkonzentrat, Volker weniger Casein, um Bilanzgleichgewicht zu erreichen.

Auf das metabolische Körpergewicht ($\text{kg KGW}^{0,75}$) bezogen, betrug der N-Erhaltungsbedarf von Bodo 263 mg, 210 mg und 296 mg/Tag bei Molkenproteinkonzentrat, Sojaproteinkonzentrat und Casein als Proteinquelle. Die Werte Volkers betrugen 350 mg, 297 mg und 260 mg/Tag.

Die zur Ermittlung von Sammelfehlern durchgeführten Phosphorbilanzen zeigten meist positive Werte. Die während der insgesamt 16 Sammelerperioden von je 5 Tagen ermittelte P-Retention betrug bei Bodo durchschnittlich 2,2 % der P-Aufnahme. Das Körpergewicht nahm in dieser Zeit um 0,3 g zu. Volker retinierte, über die gesamte Dauer der Sammelerperioden gerechnet, 0,8 % des aufgenommenen Phosphors. Seine Körpergewichtsentwicklung während

dieser Zeit war mit -6,7 g negativ. Mit 63 % bis 84 % war der weitaus größte Teil der gesamten Phosphoraus-
scheidung im Kot enthalten.

4. DISKUSSION

Die durchgeführten Versuche zeigen, daß auch mit so bewegungsaktiven Tieren wie den Krallenaffen Bilanzuntersuchungen durchgeführt werden können.

Eine Voraussetzung dafür stellt ein geeigneter Käfig dar, der den Tieren genügend Bewegungsmöglichkeiten bietet. Die Haltung in Bilanzkäfigen für Ratten, wie von HEARN et al. (1975) beschrieben, dürfte dem nicht entsprechen. Auch in dem bei diesen Untersuchungen verwendeten Käfig wurde ein Rückgang der Bewegungsaktivität beobachtet, obwohl durch die Anbringung von Schlupfkasten und Sitzstange Klettermöglichkeiten für die Tiere gegeben waren. Der Rauminhalt des Käfigs ist ca. viermal so groß wie bei entsprechenden Käfigen gleichschwerer Ratten. Damit ergeben sich große Flächen, die mit Harn, der von den Tieren verspritzt wird, kontaminiert werden. Nur mit großem Arbeitsaufwand konnte Harn durch stündliches Spülen quantitativ gesammelt werden. Die Tatsache, daß die Tiere bei normalem Beleuchtungsprogramm (12/12) ca. 12 bis 13 Stunden schlafen, kam der Versuchsdurchführung entgegen. Ferner erleichterte der relativ gut geformte Kot (Trockensubstanzanteil ca. 35 % bis 40 %; siehe Tabellen 22 und 23) die Trennung von Kot und Harn.

Ein Vergleich beider Tiere zeigt große individuelle Unterschiede. Dies war bei dem heterogenen Tiermaterial (keine Inzuchtlinien) zu erwarten.

Die tägliche Futter-IS-Aufnahme lag mit durchschnittlich 3,3 % bis 3,6 % des Körpergewichts (Tabelle 2 bis 7) um ca. 20 % unter der ähnlich ernährter Tiere der gleichen Spezies (SCHOEN, 1982). Überhöhte Verzehrswerte sind jedoch für diese Untersuchung (SCHOEN, 1982) anzunehmen, da die Tiere viele Pellets "verschmissen" und auch Jungtiere in die Berechnung mit eingingen.

Die geringere Bewegungsaktivität in den Bilanzkäfigen mag ebenfalls eine Ursache für den niedrigeren Verzehr darstellen. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem Proteingehalt in den Rationen und dem Futterverzehr war nicht zu erkennen. Eine Verzehrdepression mit zunehmendem Proteingehalt in der Diät, wie von SCHARRER und ZUCKER (1967) beschrieben, konnte nicht beobachtet werden. Im Gegenteil: Volker zeigte bei Aufnahme der Niederproteindiäten absolut und auch relativ gesehen geringere Futter-TS-Aufnahme als bei den Diäten mit 9 % und 6 % Proteingehalt, die von ihm am besten gefressen wurden. Der Grund dafür könnte in dem allzu süßen Geschmack der Diäten gelegen haben, jedoch dürfte die Aufnahme von Kot und Harn ebenfalls eine Rolle gespielt haben. Ein Vergleich der verschiedenen Proteinquellen zeigt bei beiden Tieren durchschnittlich für Casein den niedrigsten Futterverzehr, wobei vor allem Bodo relativ wenig aufnahm (Tabellen 2 bis 7). Die beiden anderen Proteinquellen wurden annähernd gleich gut gefressen.

Die errechnete tägliche Bruttoenergieaufnahme betrug durchschnittlich etwa 150 kcal/kg KGW·Tag bei Bodo und 160 kcal/kg KGW·Tag bei Volker und zeigte damit gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen von KING (1975), der einen täglichen Energiebedarf von 151 kcal/kg KGW·Tag für adulte Marmosets ermittelte. Bei diesem Autor fehlt jedoch der Hinweis, um welche Energiestufe (Brutto-, verdauliche, umsetzbare oder Nettoenergie) es sich handelt. SCHOEN (1982) stellte bei der Spezies *Callithrix jacchus* eine Bruttoenergieaufnahme von 182 bis 201 kcal/kg KGW·Tag fest.

Die Bruttoenergieaufnahme betrug durchschnittlich das ca. 1,6fache (Bodo, Casein) bis 2,0fache (Bodo und Volker, Molkenproteinkonzentrat) der Grundumsatzrate, die von PETRY (1984) nach ersten orientierenden Untersuchungen mit etwa 65 kcal/kg KGW^{0,75} angegeben wird. Die

Energieaufnahme der Tiere lag damit bei allen Diäten über dem von MILLER und PAYNE (1963) für die Erhaltung des N-Gleichgewichts bei ausreichender Proteinaufnahme geforderten Betrag von Grundumsatzrate plus 50 %.

Die Körpergewichtsentwicklung zeigt eine deutliche Abhängigkeit von der Proteinkonzentration der Diäten (Abb. 2). Starke Gewichtsverluste wurden in allen Fällen bei Verfütterung der 1 % Diäten, z. T. auch mit den 3 % Diäten beobachtet. Eine gewisse Rolle mag dabei die durchschnittlich niedrigere Futteraufnahme bei diesen Diäten gespielt haben, was besonders für Volker gilt. Insgesamt zeigte Volker größere Gewichtsschwankungen als Bodo (siehe Abb. 2). Auch innerhalb einer Fütterungsperiode (18 % Caseindiät, Tabelle 13) konnte dies beobachtet werden.

Die Trockensubstanzverdaulichkeit ergab für Volker mit durchschnittlich etwas über 80 % Werte, die auch SCHOEN (1982) bei Verfütterung einer ähnlich zusammengesetzten Diät an dieser Spezies ermittelte. Mit durchschnittlich 85 % bis 86 % lag die TS-Verdaulichkeit von Bodo deutlich höher. Einen negativen Effekt auf die Futter-TS-Verdaulichkeit scheint ein höher Sojaproteinkonzentrationsgehalt auszuüben (Tabellen 4 und 5), obwohl der in dieser Proteinquelle enthaltene Rohfasergehalt durch die Zugabe von entsprechend weniger Mikrozellulose berücksichtigt worden war. Der tatsächliche Ballaststoffgehalt in dieser Proteinquelle dürfte jedoch, aufgrund der "natürlich" vorliegenden Rohfaser, die analytisch nur z. T. erfaßt wird, höher liegen (KROMBACH, 1981). Ein hoher Caseinanteil erhöht den verdaubaren Anteil in der Diät (Tabellen 6 und 7). Dies ist auf die hohe Verdaulichkeit dieser Proteinquelle zurückzuführen.

Die scheinbare Proteinverdaulichkeit sinkt mit niedrigerem Proteingehalt in der Ration, da der Darmverlust-

stickstoff (DVN) prozentual einen größeren Anteil ausmacht (Tabellen 2 bis 7). Bodo zeigte, wie schon bei der Futter-TS, höhere Proteinverdaulichkeitswerte als Volker. Während Molkenproteinkonzentrat und Sojaproteinkonzentrat bei der höchsten Proteingehaltsstufe etwa gleich gut verdaubar waren, ergaben sich für Casein höhere Werte. Dies steht nicht in Einklang mit den Ergebnissen von MAGG (1981), die bei den Spezies *Callithrix jacchus* und *Saguinus fuscicollis* für Molkenproteinkonzentrat deutlich höhere Verdaulichkeitswerte ermittelte als für Sojaproteinkonzentrat. Dabei wurde jedoch der Rohfaseranteil im Sojaproteinkonzentrat nicht entsprechend berücksichtigt. Casein war in dieser Untersuchung (MAGG, 1981) ähnlich verdaulich wie Molkenproteinkonzentrat. Saisonale Unterschiede in der Qualität der Milchproteine, die der Hersteller nicht ausschließt, könnten eine Erklärung dafür liefern.

Die wahre Proteinverdaulichkeit der Testproteine wurde berechnet (siehe 3.1.5.): Bei der Berechnung wurde ein konstanter DVN in Höhe der Kot-N-Ausscheidung bei Verfütterung der Diäten mit 1 % Proteingehalt vorausgesetzt. Der DVN steigt jedoch aufgrund der erhöhten Sekretion von Verdauungsenzymen mit zunehmender Proteinkonzentration an (KRAWIELITZKI und BOCK, 1976). Durch die Annahme eines konstanten DVN müßte die wahre Proteinverdaulichkeit bei höherer Proteinzufuhr sinken, da weniger DVN kalkuliert wurde als tatsächlich über den Kot ausgeschieden wurde. Die Ergebnisse zeigen jedoch das Gegenteil: Mit zunehmender Proteinkonzentration steigt die errechnete wahre Proteinverdaulichkeit an. Dies ist auf den gleichbleibenden Kot-N-Gehalt bei Verfütterung der Diäten mit 18 %, 9 % und 6 % Proteingehalt zurückzuführen. Da auch bei einer wahren Proteinverdaulichkeit von 100 % der Kot-N-Gehalt mit sinkenden Proteinkonzentrationen aufgrund des niedrigeren DVN

abnehmen müßte, kann man hier besondere Ursachen annehmen. Möglicherweise spielen bakterielle Prozesse im Enddarm eine Rolle. MOSENTHIN (1979) konnte eine Diffusion von Blutharnstoff in den Darm nachweisen. Harnstoff wird von den Bakterien in NH_3 gespalten, das sofort wieder für die bakterielle Proteinsynthese genutzt werden kann. Die Harn-N-Ausscheidung wird dadurch verringert. Voraussetzung für die bakterielle Proteinsynthese sind neben einer verfügbaren N-Quelle fermentierbare Kohlenhydrate (MASON und PALMER, 1973; MOSENTHIN, 1979), die im vorliegenden Fall hauptsächlich von der nur z. T. verdaulichen Mikrozellulose (KROMBACH, 1981) stammen dürften. Der vermutlich niedrigere Blutharnstoffgehalt während der Verfütterung der Diäten mit 3 % und 1 % Proteingehalt könnte zu einer Reduktion der für die Bakterien verfügbaren N-Quelle geführt und somit den deutlichen Rückgang der Kot-N-Ausscheidung bewirkt haben. Auch SCHOEN (1982) konnte bei Verfütterung von Diäten mit 24 %, 18 % und 12 % Molkenproteinanteil bei dieser Spezies (*Callithrix jacchus*) mit sinkenden Proteinkonzentrationen keinen Rückgang der Kot-N-Ausscheidung feststellen.

Die unter 3.2.3. beschriebenen Eigenschaften hinsichtlich Kotfarbe und Kotaschegehalt sind vermutlich auf die Unterschiede in der Verdaulichkeit der Futterbestandteile zurückzuführen. Volker scheint nach diesen Kriterien eher den durchschnittlichen "*Callithrix*"-Typ zu verkörpern als Bodo.

Koprophagie kann in der Kolonie auch bei ausreichender Proteinversorgung gelegentlich bei einzelnen Individuen beobachtet werden (SCHEID, 1983). Langeweile spielt dabei vermutlich ebenso eine Rolle wie ein etwaiger Nährstoffmangel. Volker zeigte dieses Verhalten und die Aufnahme von Harn jedoch nur bei niedrigem Proteingehalt in den Diäten. Dies kann als Mangelercheinung gedeutet werden und gibt Hinweise auf eine unzureichende

Proteinversorgung. Der auffallend pastöse Charakter des Kots während dieser Zeit hängt evtl. mit dem erhöhten endogenen Anteil im Kot zusammen.

Als endogene Ausscheidung wurde der Kot- und Harn-N-Gehalt bei Verfütterung der 1 % Diäten angesehen. Dies scheint nach Untersuchungen von MIYATANI et al. (1977) gerechtfertigt, die mit erwachsenen Ratten eine gleichbleibende N-Ausscheidung bei Verfütterung von Diäten mit 0 % bis 2,34 % Lactalbumin und 0 % bis 1,56 % Weizenkleber feststellten. Auch an Menschen konnte bei niedriger Proteinzufuhr (bis 0,2 g/kg KGW·Tag), im Vergleich zu N-freier Ernährung, keine Erhöhung der N-Ausscheidung beobachtet werden (YOUNG et al., 1973; INQUE et al., 1974).

Die endogene Harn-N-Ausscheidung (EHN) beider Tiere liegt z. T. deutlich niedriger als der DVN. Beim Menschen wird, im Vergleich dazu, bei N-freier Ernährung drei- bis viermal soviel Stickstoff über den Harn als über den Kot ausgeschieden (CALLOWAY und MARGEN, 1971; SCRIMSHAW et al., 1972). Möglicherweise kam es durch die vorher angesprochenen bakteriellen Prozesse im Darm zu einer "Verschiebung" von Kot- und Harn-N-Ausscheidung. Die Möglichkeit einer variablen Ausscheidung von EHN und DVN, bei der die Summe beider gleich bleibt, wurde bereits von GEBHARDT (1955) und HENNIG (1959) beschrieben. Ferner dürfte die lange Proteindepletionsphase, die mit über drei Wochen anzusetzen ist (zwei Wochen 3 % Diät und 9 Tage 1 % Diät) zu einem deutlichen Rückgang der EHN geführt und somit den prozentualen Anteil des DVN an der endogenen N-Gesamtausscheidung erhöht haben (DEUEL et al., 1928; ASWORTH und BRODY, 1933; ALLISON und WANNEMACHER JR., 1965).

Die durchschnittliche endogene N-Ausscheidung betrug bei Bodo 1,55 mg N/kcal, bei Volker 2,42 mg N/kcal Grundumsatzrate. Die Grundumsatzrate wurde mit 65 kcal/

kg KGW^{0,75} kalkuliert (PETRY, 1984). Damit liegt Bodo unter, Volker über entsprechenden Werten beim Menschen, die ca. 2 mg N/kcal Grundumsatzrate betragen (YOUNG und SCRIMSHAW, 1968; CALLOWAY und MARGEN, 1971; HUANG et al., 1972). Auch bei Ratten läßt sich nach längerer Proteindepletionsphase ein ähnlicher Wert errechnen (UEZU et al., 1983).

Die errechneten NPU-Werte steigen mit abnehmendem Proteingehalt in den Diäten an (Tabellen 2 bis 7). Dies steht in Einklang mit den Ergebnissen von YOUNG et al. (1973) und MIYATANI et al. (1977). Auf die Ermittlung der Biologischen Wertigkeit (BV) wurde verzichtet, da in den Nenner der Berechnungsformel die wahre Proteinverdaulichkeit eingeht. Die Schwankungen der errechneten wahren Proteinverdaulichkeit würden sich deutlich auf die ermittelte BV auswirken.

Die N- bzw. Proteinverwertung unterhalb des N-Bilanzminimums lag zwischen 40,1 % (Bodo, Casein) und 66,5 % (Volker, Casein; Tabellen 2 bis 7). Ein geschätzter N-Verlust über die Körperoberfläche von 20 mg N/kg KGW^{0,75} ging dabei in die Berechnung mit ein. Ohne Berücksichtigung dieser Verluste ergibt sich z. T. eine deutlich höhere Proteinverwertung. Die aufgeführten Ergebnisse zeigen Übereinstimmung mit denen erwachsener Menschen, die hochwertige Proteine in diesem Bereich ebenfalls nur zu 55 % (KISHI et al., 1978) bis 65 % (YOUNG et al., 1973) verwerten können. Hinweise einer nichtlinearen Beziehung zwischen N-Aufnahme und N-Bilanz unterhalb des Bilanzminimums, wie von YOUNG et al. (1973) in Untersuchungen mit Menschen ermittelt, ergeben sich auch bei den hier durchgeführten Versuchen.

Die Kreatininausscheidung beider Tiere ging mit abnehmendem Proteingehalt in den Diäten zurück (Tabellen 8 bis 13; Abb. 3). Ähnliche Beobachtungen haben auch

ODDOYE und MARGEN (1979) und FISHER et al. (1967) bei Menschen sowie LIN und HUANG (1982) bei Ratten gemacht. Der Grund liegt vermutlich in der mit niedrigerem Proteingehalt in der Diät abnehmenden Proteinabbaurate im Muskel. Bei Volker kann die Aufnahme von Harn einen Teil des Rückgangs erklären. Eine Abnahme des Harnvolumens mit sinkender Proteinzufuhr, wie bei diesen Tieren beobachtet, wurde ebenfalls von ODDOYE und MARGEN (1979) beschrieben.

Das N-Bilanzminimum wurde aus der linearen Regression von N-Aufnahme und N-Bilanz bei Verfütterung der 9 %, 6 % und 3 % Diäten ermittelt. Die Beziehung ist in diesem Bereich um den Erhaltungsbedarf weitgehend linear (KISHI et al., 1978; RAND et al., 1981; YOUNG et al., 1984), während sich bei niedrigerer N-Aufnahme eine nichtlineare Beziehung ergibt (YOUNG et al., 1973; INOUE et al., 1974). Auch in den hier aufgeführten Untersuchungen ergab sich im genannten Bereich ein weitgehend linearer Kurvenverlauf, wie aus den Korrelationskoeffizienten ($r = 0,87$ bis $0,99$) der linearen Regression hervorgeht. Der niedrige Korrelationskoeffizient ($r = 0,51$) bei Verfütterung der Molkenproteinkonzentrat-Diäten an Volker (Abb. 4) ist auf die negative N-Bilanz während der 9 % Diät zurückzuführen. In dieser Periode war der Verzehr relativ gering, die Ausscheidungen jedoch hoch, so daß daraus ein negativer Wert für die N-Bilanz resultiert. Als Beweise für die Unterschätzung des erhaltenen N-Bilanzergebnisses können die negative Phosphorbilanz und die negative Körpergewichtsentwicklung gelten (Tabelle 9).

Der minimale Proteinbedarf ($N \times 6,25$) für die Aufrechterhaltung des N-Gleichgewichts lag zwischen 1,6 g (Bodo, Sojaproteinkonzentrat) und 2,8 g/kg KGW·Tag (Volker, Molkenproteinkonzentrat; siehe Abb. 4 bis 6). Der letzte Wert hat aus den vorher aufgeführten Gründen als Über-

hört zu gelten. Offensichtlich haben die Tiere einen wesentlich niedrigeren Proteinerhaltungsbedarf, als bislang angenommen wurde (GARCIA, 1976; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1978). Insgesamt scheinen 5 % bis 6 % hochwertigen Proteins in der Ration bei genügender Akzeptanz für die Aufrechterhaltung des Körper-N-Gehalts auszureichen. Dies stimmt überein mit der negativen Körpergewichtsentwicklung (Abb. 2) und dem Auftreten von Koprophagie bei niedrigeren Proteinkonzentrationen.

Ein Vergleich mit menschlichen und tierischen Bedarfs-
werten kann nur auf der Basis des metabolischen Körper-
gewichts ($\text{kg KGW}^{0,75}$) erfolgen (ERBERSDOBLER, 1981).
Die Werte von 210 mg bis 350 mg N/kg $\text{KGW}^{0,75}$.Tag zeigen
gute Übereinstimmung mit denen anderer omnivoren Säuger.
Der tägliche N-Erhaltungsbedarf des Menschen beträgt bei
einer hochwertigen Proteinquelle etwa 200 mg N/kg $\text{KGW}^{0,75}$
(CALLOWAY und MARGEN, 1971; YOUNG et al., 1973). MILLER
und PAYNE (1964) geben für Säugetiere generell einen Er-
haltungsbedarf von 250 mg N/kg $\text{KGW}^{0,73}$.Tag an. Mit 246
mg N/kg $\text{KGW}^{0,75}$.Tag für Schweine errechneten CARR et al.
(1977) einen ähnlichen Wert. Für erwachsene Kapuziner-
affen liegt der Bedarf bei Lactalbumin als Proteinquelle
mit etwa 340 mg N/kg $\text{KGW}^{0,75}$.Tag nicht wesentlich höher
(AUSMAN und HEGSTED, 1980).

Ein Vergleich der N-Bilanzminima beider Tiere bei Ver-
fütterung der einzelnen Proteinquellen ergibt kein ein-
heitliches Bild (Abb. 7 und 8). Die Ursache kann in der
unterschiedlichen Energieaufnahme liegen, die einen er-
heblichen Einfluß auf die 'N-Bilanz ausübt (CALLOWAY,
1975). Leider läßt sich die Futter- und damit auch die
Energieaufnahme nicht rationieren, da die Tiere zu viele
Pellets "verschmeißen".

Insgesamt kann kein großer Unterschied der N-Bilanzmini-
ma bei Verfütterung der tierischen (Molkenproteinkonzen-

Abb. 7: BEZIEHUNG ZWISCHEN N-AUFNAHME UND N-BILANZ
BEI VERFÜTTERUNG DER TESTPROTEINE
VERSUCHSTIER: 8000

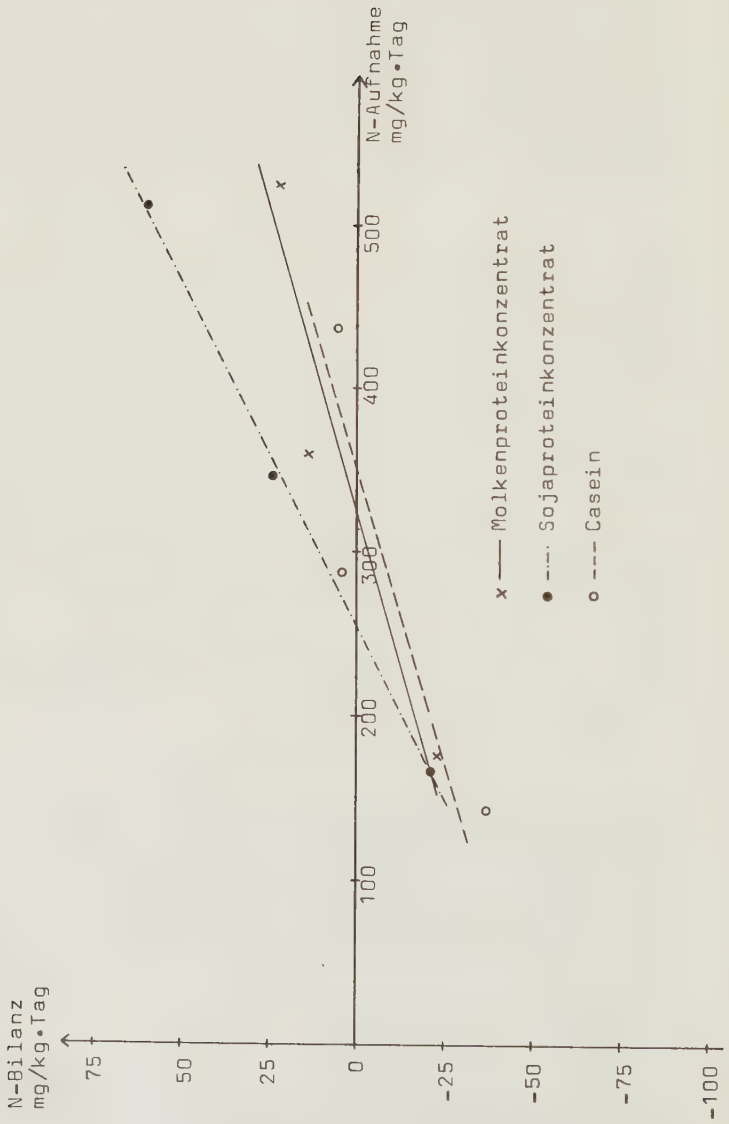
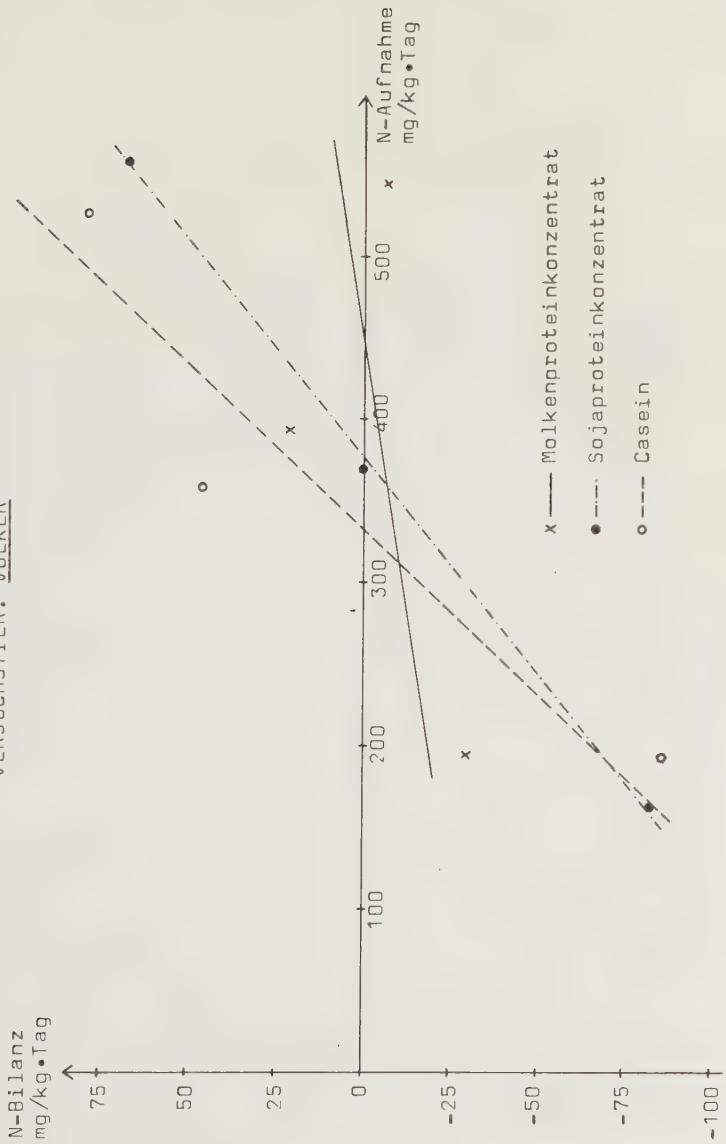


Abb. 8: BEZIEHUNG ZWISCHEN N-AUFNAHME UND N-BILANZ
BEI VERFÜTTERUNG DER TESTPROTEINE
VERSUCHSTIER: VOLKER



trat, Casein) und pflanzlichen (Sojaproteinkonzentrat) Proteine beobachtet werden. Dies war aufgrund der Methioninergänzung von Sojaproteinkonzentrat und Casein ohnehin nicht zu erwarten. Auch FLURER (1981) und MAGG (1981) konnten bei den in der vorliegenden Arbeit eingesetzten Proteinquellen in bezug auf Akzeptanz, Körpergewichtsentwicklung und Verdaulichkeit keine allzu großen Unterschiede entdecken.

Die Ergebnisse der Phosphorbilanzen deuten auf geringe N-Verluste bei Sammeln der Exkreta hin. Die etwa gleichbleibenden Phosphorkonzentrationen in den Diäten ließen bei Gewichtskonstanz ausgeglichene P-Bilanzen erwarten. Die P-Retention während der gesamten Bilanzuntersuchungen betrug bei Bodo 2,2 % der gesamten P-Aufnahme, bei Volker 0,8 %. Da sich das Körpergewicht der Tiere im genannten Zeitraum nur unwesentlich veränderte, kann der oben angegebene Prozentsatz als Sammel-Fehlergröße angesehen werden.

Die z. T. nur geringe N-Retention bei Verfütterung der 18 % Diäten scheint diese Ergebnisse zu bestätigen. Bei dieser Proteingehaltsstufe, die nach Untersuchungen von SCHOEN (1982) über dem minimalen Proteinbedarf dieser Spezies liegt, müßten die Tiere nämlich bei Gewichtskonstanz theoretisch im N-Gleichgewicht sein (HEGSTED, 1976). Da jedoch das Körpergewicht während dieser Perioden nur selten konstant war und der Proteinanteil von Körpergewichtszunahme und -abnahme nicht genau bekannt ist, kann nur eine vage Schätzung der Fehlergröße durchgeführt werden. Bei Annahme eines Körperproteingehalts von 20 % und eines ebenso hohen Proteinanteils an den Körpergewichtsschwankungen ergibt sich nach Berücksichtigung des dadurch entstehenden N-Ansatzes (bei Gewichtszunahme) oder N-Verlustes (bei Gewichtsabnahme) eine auf Sammelfehler zurückzuführende scheinbar positive N-Bilanz in Höhe von 7,6 % der N-Aufnahme bei Bodo und 6,1 %

bei Volker. Die Tiere dürften sich jedoch nach den unmittelbar vorausgehenden 3 % und 1 % Diäten auch noch nach 9 Tagen Vorperiode bei den Diäten mit 18 % Proteingehalt im Stadium der Proteinrepletion befunden haben. Damit wurde wahrscheinlich mehr Stickstoff retiniert als sich über die Gewichtsschwankung errechnen läßt. Die tatsächliche Fehlergröße liegt damit eher unter dem oben angegebenen Prozentsatz. Die geringe N-Retention der Tiere bei den Diäten mit 9 % und 6 % Proteingehalt, die nach den Untersuchungsergebnissen ebenfalls mehr Protein enthalten als für die Aufrechterhaltung des N-Bilanzgleichgewichts notwendig ist, kann als weiterer Beweis für geringe Sammelverluste gelten. Einen gewissen Unsicherheitsfaktor stellen die kalkulierten N-Verluste über die Körperoberfläche dar. Der Haarausfall zeigte unterschiedliche Intensität. Eventuell können saisonale Einflüsse eine Rolle gespielt haben.

Grob geschätzt scheint die Fehlergröße, die beim Sammeln der Exkreta entstanden ist, nicht mehr als 1 % bis 7 % der N-Aufnahme zu betragen. Sie liegt damit nicht höher als bei sehr sorgfältig durchgeführten N-Bilanzuntersuchungen mit Ratten (HEPPA, 1959; NEERGAARD, 1981) und Schweinen (NEHRING, 1957).

Die Ergebnisse der beiden unmittelbar hintereinander durchgeführten Sammelperioden bei Verfütterung der Diät mit 18 % Caseingehalt zeigen bei Bodo relativ gute Übereinstimmung (Tabellen 6 und 12). Volker nahm, im Vergleich zur 2. Sammelperiode, während der 1. Sammelperiode wesentlich weniger Futter auf, was sich auch in der Körpergewichtsentwicklung widerspiegelt (Tabellen 7 und 13). Erstaunlicherweise bestehen kaum Unterschiede in den Ergebnissen der N-Bilanz. Die Körpergewichtsschwankung ist daher vermutlich auf Änderungen im Körperwasser- und Körperfettgehalt zurückzuführen.

5. SCHLUSSFOLGERUNG

Die hier unternommenen Versuche zeigen, daß auch bei Krallenaffen Bilanzuntersuchungen technisch durchführbar sind, ohne die Tiere nennenswert zu beeinträchtigen. Bei sorgfältiger Versuchsdurchführung liegt die Fehlergröße, die zwangsläufig durch eine unvollständige Sammlung der Ausscheidungen und eine ungenaue Verzehrsbestimmung entsteht, zwischen 1 % und 7 % der N-Aufnahme. Sie ist damit nicht höher als bei entsprechenden Untersuchungen mit anderen, nicht so bewegungsaktiven Tieren.

Nach den Untersuchungsergebnissen scheint ein Anteil von 5 % bis 6 % hochwertigen Proteins in der Ration bei genügender Akzeptanz und einem Bruttoenergiegehalt von etwa 4,7 kcal/g Futter-TS⁺) auszureichen, den Proteinbedarf erwachsener Tiere der Spezies *Callithrix jacchus* zu decken. Auf das Körpergewicht bezogen beträgt der Bedarf etwas über 2 g Protein/kg KGW•Tag. Ein Vergleich mit anderen omnivoren Säugern deutet nicht auf einen wesentlich höheren Proteinbedarf erwachsener Krallenaffen hin.

Da dieses Ergebnis nur auf den Untersuchungen mit zwei Tieren basiert, kann keine endgültige Aussage über den tatsächlichen Proteinbedarf dieser Tiere gemacht werden. Ein langfristiger Bilanzversuch mit mehreren Tieren bei der oben angegebenen Proteinkonzentration könnte weitere Klärung bringen.

⁺) Der Gehalt an verdaulicher Energie liegt bei Annahme einer scheinbaren Verdaulichkeit der Bruttoenergie von 85 % (SCHOEN, 1982) bei etwa 4 kcal/g Futter-TS.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Zur Ermittlung des Proteinbedarfs wurden N-Bilanzuntersuchungen mit zwei erwachsenen männlichen Tieren der Spezies *Callithrix jacchus* durchgeführt. Gleichzeitig wurde die Kreatininausscheidung gemessen und eine Phosphorbilanz aufgestellt.

Die Tiere erhielten in 14tägigen Fütterungsperioden halbsynthetische Diäten in pelletierter Form mit einem errechneten Proteingehalt von 18 %, 9 %, 6 %, 3 % und 1 % in der genannten Reihenfolge. Als Proteinquellen dienten ein Molkenproteinkonzentrat, Sojaproteinkonzentrat und Casein, von denen die beiden letzten mit Methionin in Höhe von 1,7 % des Proteingehaltes ergänzt wurden. Die Bilanzuntersuchungen wurden während der letzten 5 Tage jeder Fütterungsperiode durchgeführt. Aus der linearen Regression von N-Aufnahme und N-Bilanz wurde das N-Bilanzminimum ermittelt.

Die Tiere gewöhnten sich gut an die speziellen Bilanzkäfige und zeigten während der gesamten Versuchsdauer von 31 Wochen keine Krankheitssymptome.

Die beiden Tiere wiesen hinsichtlich Futterverzehr, Körpergewichtsentwicklung, Verdaulichkeit, Kotbeschaffenheit, endogener N-Ausscheidung und Proteinverwertung große individuelle Unterschiede auf.

Die Ergebnisse von Futterverzehr, Körpergewichtsentwicklung, Verdaulichkeit und Proteinbewertung wurden aufgeführt und diskutiert.

Die endogene N-Ausscheidung beider Tiere betrug 1,55 mg N und 2,42 mg N/kcal Grundumsatzrate⁺⁾ und lag damit in ähnlicher Höhe wie bei anderen Spezies. Dabei waren

⁺⁾ Die Grundumsatzrate wurde mit 65 kcal/kg KGW^{0,75} kalkuliert.

55 % bis 68 % der gesamten endogenen N-Ausscheidung im Kot enthalten.

Die Proteinverwertung unterhalb des N-Bilanzminimums betrug 40 % bis 67 %.

Das N-Bilanzminimum lag zwischen 1,6 g und 2,8 g Proteinaufnahme/kg KGW•Tag und betrug durchschnittlich etwas mehr als 2 g/kg KGW•Tag. Insgesamt konnten keine sicheren Unterschiede zwischen den einzelnen Proteinquellen festgestellt werden. Auf das metabolische Körpergewicht (kg KGW^{0,75}) bezogen, waren durchschnittlich 280 mg N (210 bis 350 mg N) notwendig, um Bilanzgleichgewicht zu erreichen.

Damit haben erwachsene männliche Tiere der Spezies *Callicthrix jacchus* keinen wesentlich höheren Protein-erhaltungsbedarf als andere omnivore Säuger.

Die Ergebnisse der Kreatininausscheidung, der Phosphorbilanzen und der N-Bilanzen bei 18 % Proteingehalt weisen auf eine Überschätzung der N-Retention in Höhe von 1 % bis 7 % der N-Aufnahme hin. Die Fehlergröße liegt damit nicht höher als bei sehr sorgfältig durchgeführten Bilanzuntersuchungen mit Ratten.

SUMMARY

THE ASSESSMENT OF PROTEIN REQUIREMENT OF ADULT MARMOSETS BY N-BALANCE EXPERIMENTS.

In two adult males of the species *Callithrix jacchus* protein requirement was investigated with the help of N-balance studies. Urinary creatinine was also measured, and a phosphorus balance was made. The animals were offered pelleted semipurified diets in 14 day feeding periods. The protein content was 18 %, 9 %, 6 %, 3 % and 1 %, in this sequence. Protein sources were whey concentrate, soy protein concentrate and casein. Soy protein concentrate and casein were supplemented with 1,7 % methionine of the protein content. The balance studies were conducted during the last 5 days of each feeding period. The N-balance minimum was evaluated by a linear regression of N-intake to N-balance.

The two animals got well accustomed to the special metabolic cages. They did not show any signs of illness during the whole experimental period, which lasted 31 weeks.

Both animals showed large individual differences in feed consumption, body weight, digestibility, condition of feces, endogenous excretion, and in protein utilization. The data of food consumption, of body weight, digestibility, and protein utilization were listed and commented.

The endogenous N-excretion of both animals was 1,55 mg N and 2,42 mg. N/kcal basal metabolic rate⁺⁾). This is similar to other species. 55 % to 68 % of the whole endogenous N-excretion was fecal nitrogen.

⁺⁾ The basal metabolic rate was calculated with 65 kcal/kg body weight^{0,75}.

The protein utilization was 40 % to 67 % in the sub-maintenance range.

The N-balance minimum was between 1,6 g and 2,8 g protein intake/kg body weight•day. It was slightly over 2 g/kg body weight•day on an average.

Altogether there were no significant differences between the various protein sources. Relativ to the metabolic body weight ($\text{kg body weight}^{0,75}$), 280 mg N (210 to 350 mg N) on an average were necessary to reach N-equilibrium.

Thus adult male animals of the species *Callithrix jacchus* do not have much higher protein requirement than other omnivorous mammals.

The data of creatinine excretion, of phosphorus balances and of the N-balance at a level of 18 % protein content show an overestimation of the N-retention between 1 % and 7 % of N-intake. Therefore, overestimation of N-retention was not higher than in carefully performed balance studies in rats, reported elsewhere.

7. ANHANG: TABELLEN

Tabelle 14: ZUSAMMENSETZUNG DER MOLKENPROTEINKONZENTRATDIÄTEN

Proteingehalt der Komponenten in % Diäten	18 %	9 %	6 %	3 %	1 %
Saccharose	17,00	21,00	22,40	23,70	24,60
Glucose	12,00	14,80	15,80	16,80	17,30
Maisstärke	23,50	29,10	30,80	32,80	34,00
Molkenproteinkonzentrat ⁺	26,20	13,00	8,60	4,20	1,30
Sojaöl	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Kokosfett	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Mikrozellulose	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Vitaminvormischung ¹⁾	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Spurenelementvormischung ²⁾	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Cholinchloridpulver (50 %)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
CaCO ₃	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
CaHPO ₄ × 2 H ₂ O	2,00	2,00	2,10	2,10	2,20
NaCl	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
MgO	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
K ₂ HPO ₄	0,10	0,50	0,50	0,60	0,60
KCl	0,10	0,50	0,70	0,70	0,90
Summe	100,00 %				

⁺ "Globulal 70 N", Fa. Meggle, Wasserburg, BRD

1) siehe Tabelle 17

2) siehe Tabelle 18

Tabelle 15: ZUSAMMENSETZUNG DER SOJAPROTEINKONZENTRATDIÄTEN

Proteingehalt der Diäten Komponenten in %	18 %	9 %	6 %	3 %	1 %
Saccharose	17,00	21,10	22,40	23,70	24,60
Glucose	12,00	14,90	15,80	16,80	17,40
Maisstärke	23,40	29,10	30,90	32,70	34,00
Sojaproteinkonzentrat ⁺	26,80	13,20	8,80	4,30	1,30
Sojaöl	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Kokosfett	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Mikrozellulose	3,90	4,40	4,60	4,80	4,95
Vitaminvormischung ¹⁾	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Spurenelementvormischung ²⁾	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Cholinchloridpulver (50 %)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
CaCO ₃	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
CaHPO ₄ × 2 H ₂ O	2,00	2,00	2,00	2,10	2,20
NaCl	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
MgO	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20
K ₂ HPO ₄	0,10	0,60	0,70	0,80	0,80
KCl	0,50	0,55	0,60	0,65	0,63
DL-Methionin	0,30	0,15	0,10	0,05	0,02
Summe	100,00 %				

⁺ "Danpro A", Aarhus Oliefabrik, Dänemark

1) siehe Tabelle 17

2) siehe Tabelle 18

Tabelle 16: ZUSAMMENSETZUNG DER CASEINDIÄTEN

Proteingehalt der Diäten Komponenten in %	18 %	9 %	6 %	3 %	1 %
Saccharose	18,00	21,70	22,80	24,00	24,70
Glucose	16,00	16,00	16,20	16,90	17,40
Maisstärke	22,70	29,30	31,50	33,00	34,10
Casein ⁺	20,70	10,30	6,80	3,30	1,00
Sojaöl	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Kokosfett	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Mikrozellulose	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Vitaminvormischung ¹⁾	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Spurenelementvormischung ²⁾	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Cholinchloridpulver (50 %)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
CaCO ₃	0,70	0,60	0,50	0,50	0,50
CaHPO ₄ x 2 H ₂ O	1,40	1,70	1,90	2,00	2,00
NaCl	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
MgO	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
K ₂ HPO ₄	0,80	0,85	0,80	0,85	0,88
KCl	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
DL-Methionin	0,30	0,15	0,10	0,05	0,02
Summe	100,00 %				

⁺ Säurecasein "Edible", Fa. Meggle, Wasserburg, BRD

¹⁾ siehe Tabelle 17

²⁾ siehe Tabelle 18

Tabelle 17: DIE VITAMINVORMISCHUNG (BASIS: MAISSTÄRKE) ENTHÄLT IN 5 GRAMM (= PRO KILOGRAMM DER FERTIGEN DIÄT)

Retinol	10.000 IE
Cholecalciferol	2.000 IE
α -DL-Tocopherolacetat	100 mg
Menadion	2 mg
Thiamin	5 mg
Riboflavin	10 mg
Pyridoxin	10 mg
Nikotinsäure	40 mg
Folsäure	4 mg
Ca-D-Pantothenat	20 mg
Cobalamin	50 mcg
Biotin	1 mg
Ascorbinsäure	2.000 mg

Tabelle 18: DIE SPURENELEMENTVORMISCHUNG (BASIS MAGNESIUM-OXID) ENTHÄLT IN 1 GRAMM (= PRO KILOGRAMM DER FERTIGEN DIÄT)

Fe (aus Eisen(III)oxid)	100 mg
Mn (aus Mangan(IV)oxid)	50 mg
Zn (aus Zinkoxid)	100 mg
Cu (aus Kupferoxid)	10 mg
Se (aus Natriumselenit x 5 H ₂ O)	0,1 mg
J (aus Kaliumjodid)	1 mg
F (aus Natriumfluorid)	2 mg
Mo (aus Natriummolybdat x 2 H ₂ O)	0,5 mg
Ni (aus Nickelsulfat x 6 H ₂ O)	0,1 mg
Cr (aus Chrom(III)chlorid x 6 H ₂ O)	0,5 mg

Tabelle 19: DURCHSCHNITTliche ZUSAMMENSETZUNG DER TEST-
PROTEINE IN % DER ORIGINALSUBSTANZ¹⁾

	Globulal 70 N ⁺	Danpro A [*]	Casein ⁺
Trockensubstanz	95,0	92,0	92,0
Rohprotein (f = 6,25)	68,6	65,2	85,6
Rohfett	6,0	0,3	1,0
NFE	15,0	17,0	—
Rohfaser	—	4,0	—
Asche	8,0	5,5	2,0
pH-Wert	5,8 - 6,8	6,7	4,3 - 4,9

1) Da es sich um Durchschnittswerte für die einzelnen analytischen Fraktionen handelt: Summe ≠ 100.

⁺ Produktinformation, Fa. Meggle, Wasserburg, BRD

^{*} Produktinformation, Aarhus Oliefabrik, Dänemark

Tabelle 20: AMINOSÄUREGEHALT DER TESTPROTEINE IN PROZENT
BEZOGEN AUF ROHPROTEIN (= IN GRAMM/16 g N)⁺

Aminosäure	Globulal 70 N	Danpro A	Casein
Alanin	4,7	4,4	3,2
Arginin	3,4	7,8	4,0
Asparaginsäure	13,3	13,0	8,2
Cystein	3,5	1,8	0,4
Histidin	2,6	2,9	3,2
Isoleucin	6,0	4,9	5,3
Glutaminsäure	19,7	20,6	23,1
Glycin	2,3	4,2	2,0
Leucin	13,7	8,0	10,6
Lysin	11,4	6,8	7,7
Methionin	2,2	1,5	2,2
Phenylalanin	4,4	5,3	5,5
Prolin	5,3	5,4	10,5
Serin	5,1	5,2	6,0
Threonin	5,9	4,2	4,5
Tyrosin	4,3	4,0	6,1
Valin	5,8	5,2	7,2
Tryptophan	nicht bestimmt		

⁺ Die Analysen wurden im Institut für Physiologie,
Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie
der Tiermedizinischen Fakultät München durchgeführt

Tabelle 21: ERGEBNISSE DER FUTTERANALYSEN

Proteinquelle	Proteinkonzentration	Rohprotein in % der TS	Asche in % der TS	Phosphor in % der TS
Milkenproteinkonzentrat	18 %	19,07	5,07	0,57
	9 %	10,24	4,90	0,57
	6 %	6,65	4,88	0,56
	3 %	3,51	4,59	0,55
	1 %	1,22	4,69	0,55
Sojaproteinkonzentrat	18 %	18,57	4,98	0,64
	9 %	9,55	4,79	0,61
	6 %	6,37	4,75	0,59
	3 %	3,31	4,73	0,58
	1 %	1,29	4,54	0,58
Casein	18 %	20,41	4,40	0,58
	9 %	10,48	4,55	0,58
	6 %	6,77	4,51	0,57
	3 %	3,58	4,58	0,57
	1 %	1,38	4,60	0,56

Tabelle 22: ERGEBNISSE DER KOTANALYSEN
VERSUCHSTIER: B000

Proteinquelle	Proteinkonzentration	Kot-TS in %	Rohprotein in % der TS	Asche in % der TS	Phosphor in % der TS
Milkenproteinkonzentrat	18 %	47,25	17,37	17,37	2,71
	9 %	43,38	18,15	19,00	3,06
	6 %	35,19	17,03	18,69	3,01
	3 %	34,84	15,17	18,41	2,90
	1 %	34,59	8,14	17,78	2,76
Sojaproteinkonzentrat	18 %	39,85	12,93	16,43	2,85
	9 %	35,92	14,81	18,24	2,97
	6 %	31,79	14,87	19,18	3,04
	3 %	35,75	13,22	19,73	3,12
	1 %	34,35	9,80	19,63	3,03
Casein	18 % I	41,09	17,10	20,20	3,41
	18 % II	41,76	17,21	19,57	3,28
	9 %	39,73	16,97	19,65	3,18
	6 %	37,60	16,29	20,08	3,17
	3 %	40,33	13,65	18,95	3,15
	1 %	37,32	10,14	18,04	3,05

Tabelle 23: ERGEBNISSE DER KOTANALYSEN
VERSUCHSTIER: VOLKER

Proteinquelle	Proteinkonzentration	Kot-TS in %	Rohprotein in % der TS	Asche in % der TS	Phosphor in % der TS
Molkenproteinkonzentrat	18 %	40,45	21,25	15,29	2,32
	9 %	40,93	18,60	15,56	2,46
	6 %	36,85	16,47	15,51	2,43
	3 %	44,40	11,99	15,63	2,32
	1 %	40,77	11,93	14,21	2,20
Sojaproteinkonzentrat	18 %	41,17	16,40	12,38	2,06
	9 %	37,63	15,87	14,53	2,37
	6 %	33,52	15,87	13,70	2,14
	3 %	36,62	13,38	13,85	2,08
	1 %	37,51	10,72	15,26	2,51
Casein	18 % I	38,06	17,64	15,60	2,30
	18 % II	36,41	18,12	15,82	2,30
	9 %	41,52	15,99	17,33	2,65
	6 %	39,95	15,99	16,34	2,58
	3 %	34,59	14,50	14,12	2,38
	1 %	42,53	12,73	14,18	2,45

8. LITERATURVERZEICHNIS

- ADDIS, T., L.J. POO and W. LEW (1936): The quantities of protein lost by the various organs and tissues of the body during fast.
J. Biol. Chem. 115, 111-116
- ADLER, H. (1984): Dissertation in Vorbereitung
- ALBANESE, A.A. (1959): Criteria of protein nutrition.
In: Protein and Amino Acid Nutrition. (Ed.: A.A. Albanese), Academic Press, New York, pp. 297-347
- ALLISON, J.B. (1951): Interpretation of nitrogen balance data.
Fed. Proc. 10, 676-683
- ALLISON, J.B. (1960): The ideal aminogram.
Proc. of the 5th Int. Congr. of Nutr., Washington D.C., pp. 66-72
- ALLISON, J.B. and W.H. FITZPATRICK (1960): Dietary Proteins in Health and Disease. Thomas, Springfield, Illinois
- ALLISON, J.B. (1964): The nutritive value of dietary proteins.
In: Mammalian Protein Metabolism. (Eds.: H.N. Munro and J.B. Allison), 2, Academic Press, New York, pp. 41-86
- ALLISON, J.B. and R.W. WANNEMACHER JR. (1964): The concept of protein reserves.
Am. J. Clin. Nutr. 14, 241-242
- ALLISON, J.B. and R.W. WANNEMACHER JR. (1965): The concept and significance of labile and over-all protein reserves of the body.
Am. J. Clin. Nutr. 16, 445-452

ARNOLD, A. and J.S. SCHAD (1954): Nitrogen balance studies with dogs on casein or methionine-supplemented casein. J. Nutr. 53, 265-273

ASWORTH, U.S. and S. BRODY (1933): Growth and development with special reference to domestic animals. XXVII. Endogenous urinary nitrogen and total creatinine excretion in rats as functions of dietary protein level, time on N-free diets, age, body weight, and basal metabolism.

Missouri Agr. Expt. Sta. Bull. No. 189

zitiert nach Mitchell, H.H. (1962): The maintenance requirements of protein.

In: Comparative nutrition of man and domestic animals. 1, Academic Press, New York, 129-191

ASWORTH, U.S. (1935): Endogenous nitrogen and basal energy relationship during growth.

Missouri Agr. Expt. Sta. Bull. No. 223

zitiert nach Asworth, U.S. and G.R. Cowgill (1938): Body composition as a factor governing the basal heat production and endogenous nitrogen excretion.

J. Nutr. 15, 73-81

AUSMAN, L.M., D.L. GALLINA, K.W. SAMONDS and D.M. HEGSTED (1979): Assessment of the efficiency of protein utilization in young squirrel and macaque monkeys.

Am. J. Clin. Nutr. 32, 1813-1823

AUSMAN, L.M. and D.M. HEGSTED (1980): Protein requirements of adult cebus monkeys (*Cebus albifrons*).

Am. J. Clin. Nutr. 33, 2551-2558

BAKER, D.H., D.E. BECKER, H.W. NORTON, A.H. JENSEN and B.G. HARMON (1966): Some quantitative amino acid needs of adult swine for maintenance.

J. Nutr. 88, 382-390

- BECKER, M. und S. HARNISCH (1958): Neue Untersuchungen über die Gültigkeit von Stickstoffbilanzen bei Stoffwechselversuchen an lebenden Tieren.
Arch. Tierernährung 8, 309-320
- BOORMAN, K.N. (1980): Dietary constraints on nitrogen retention.
In: Protein Deposition in Animals. (Eds.: P.J. Buttery and D.B. Lindsay), Butterworths, London, pp. 147-166
- BRICKER, M.L., H.H. MITCHELL and G.M. KINSMAN (1945):
The protein requirements of adult human subjects in terms of the protein contained in individual foods and food combinations.
J. Nutr. 30, 269-283
- BRODY, S. (1945): Bioenergetics and Growth. Reinhold Publishing Corp., New York.
zitiert nach Hegsted, D.M. (1964): Protein requirements.
In: Mammalian Protein Metabolism. (Eds.: H.N. Munro and J.B. Allison), 2, Academic Press, New York, pp. 135-171
- BURGER, I.H., S.E. BLAZA and P.T. KENDALL (1981): The protein requirement of adult cats.
Proc. Nutr. Soc. 40, 102 A
- CALLOWAY, D.H. and H. SPECTOR (1954): Nitrogen balance as related to caloric and protein intake in active young men.
Am. J. Clin. Nutr. 2, 405-411
- CALLOWAY, D.H. and S. MARGEN (1971): Variation in endogenous nitrogen excretion and dietary nitrogen utilization as determinants of human protein requirement.
J. Nutr. 101, 205-216

- CALLOWAY, D.H., A.C.F. ODELL and S. MARGEN (1971): Sweat and miscellaneous nitrogen losses in human balance studies.
J. Nutr. 101, 775-786
- CALLOWAY, D.H. (1975): Nitrogen balance of men with marginal intakes of protein and energy.
J. Nutr. 105, 914-923
- CAMPELL, R.M. and H.W. KOSTERLITZ (1948): The relationship between losses in labile liver cytoplasm and urinary nitrogen excretion.
Biochem. J. 43, 416-419
- CARR, J.R., K.N. BOORMAN and D.J.A. COLE (1977): Nitrogen retention in the pig.
Br. J. Nutr. 37, 143-155
- COSTA, G. (1960): Hypothetical pathway of nitrogen metabolism.
Nature 188, 549-552
- COSTA, G., L. ULLRICH, F. KANTOR and J.F. HOLLAND (1968): Production of elemental nitrogen by certain mammals including man.
Nature 218, 546-551
- DEUEL, H.J., I. SANDIFORD, K. SANDIFORD and W.M. BOOTHBY (1928): A study of the nitrogen minimum. The effect of sixty-three days of a protein-free diet on the nitrogen partition products in the urine and on the heat production.
J. Biol. Chem. 76, 391-406
- DICKERSON, J.W.T. and R.A. McCANCE (1964): The early effects of rehabilitation on the chemical structure of the organs and whole bodies of undernourished pigs and cockerels.
Clin. Sci. 27, 123-132

DUDKA, L.T., H.J. INGLIS, R.E. JOHNSON, J.M. PECHINSKI and S. PLOWMAN (1971): Inequality of inspired and expired gaseous nitrogen in man.

Nature 232, 265-268

ELWYN, D.H., F.R. GUMP, H.N. MUNRO, M.ILES and J.M. KINNEY (1979): Changes in nitrogen balance of depleted patients with increasing infusions of glucose.

Am. J. Clin. Nutr. 32, 1597-1611

ERBERSDOBLER, H. (1976a): Aminosäuren und Proteine.

In: Lehrbuch der Veterinär-Physiologie. (Eds.: A. Scheunert und A. Trautmann), Paul Parey Verlag, pp. 241-268

ERBERSDOBLER, H. (1976b): Amino acid availability.

In: Protein Metabolism and Nutrition. (Eds.: D.J.A. Cole et al.), Butterworths, London, pp. 139-158

ERBERSDOBLER, H. (1981): Zur Übertragbarkeit ernährungsphysiologischer Daten aus Tierversuchen auf den Menschen.

Ernährungsumschau 28, 15-19

FISHER, H., M.K. BRUSH, P. GRIMINGER and E.R. SOOTMAN

(1967): Nitrogen retention in adult man: a possible factor in protein requirements.

Am. J. Clin. Nutr. 20, 927-934

FLURER, C. (1981): Untersuchungen zur Eignung verschiedener Proteinquellen bei Krallenaffen.

Vet. Med. Diss., München

FOELSTER, H. (1956): Langfristige N-, Ca- und P- Bilanzversuche und Analysen von 6 Hennen bei verschiedener Fütterung.

Agr. Diss., Kiel

- FOLIN, O. (1905): A theory of protein metabolism.
Am. J. Physiol. 13, 117-138
- FOMON, S.J., E.M. DeMAEYER and G.M. OWEN (1965): Urinary and fecal excretion of endogenous nitrogen by infants and children.
J. Nutr. 85, 235-246
- FORBES, G.B. (1973): Another source of error in the metabolic balance method.
Nutr. Rev. 31, 297-300
- FULLER, M.F., A.W. BOYNE, T. ATKINSON and R. SMART (1973): The effect of increasing energy intake on the utilization of dietary protein of various qualities.
Nutr. Rep. Int. 7, 175-180
- GARCIA, F.G. (1976): Primate husbandry and reproduction. In: First Inter-American Conference in Conservation and Utilization of American Nonhuman Primates in Biomedical Research, Lima, 1975.
Pan American Health Organization, Scientific Publication No. 317, 1976, pp. 51-64
- GARLICK, P.J., D.J. MILLWARD, W.P.T. JAMES and J.C. WATERLOW (1975): The effect of protein deprivation and starvation on the rate of protein synthesis in tissues of the rat.
Biochem. Biophys. Acta 414, 71-84
- GARZA, C., N.S. SCRIMSHAW and V.R. YOUNG (1976): Human protein requirements: the effect of variations in energy intake within the maintenance range.
Am. J. Clin. Nutr. 29, 280-287

- GEBHARDT, G. (1955): Untersuchungen über den Einfluß einiger Vitamine auf den endogenen und exogenen Eiweißumsatz an wachsenden Albinoratten.
Arch. Tierernährung 5, 70-140
- GOPOLAN, C. and B.S. NARASINGA RAO (1966): Effect of protein depletion on urinary nitrogen excretion in undernourished subjects.
J. Nutr. 90, 213-218
- GREAVES, J.P. and P.P. SCOTT (1960): Nutrition of the cat.
3. Protein requirements for nitrogen equilibrium in adult cats maintained on a mixed diet.
Brit. J. Nutr. 14, 361-369
- GRINDLEY, H.S. (1912): Studies in nutrition. An investigation of the influence of saltpeter on the nutrition and health of men with reference to its occurrence in cured meats. Vol. IV. The experimental data of biochemical investigations. University of Illinois.
zitiert nach Hegsted, D.M. (1976): Balance studies.
J. Nutr. 106, 307-311
- GRITLER, C. (1964): Protein digestion and absorption in nonruminants.
In: Mammalian Protein Metabolism. (Eds.: H.N. Munro and J.B. Allison), 1, Academic Press, New York, pp. 35-69
- HANSEL, G. (1960): Stickstoffretentionsversuche an wachsenden Albinoratten.
Vet. Med. Diss., München
- HEARN, J.P., S.F. LUNN, F.J. BURDEN and M.M. PILCHER (1975): Management of marmosets for biomedical research.
Lab. Animals 9, 235-240

HEGSTED, D.M. (1964): Protein requirements.

In: Mammalian Protein Metabolism. (Eds.: H.N. Munro and J.B. Allison), 2, Academic Press, New York, pp. 135-171

HEGSTED, D.M. (1968): Minimum protein requirements in adults.

Am. J. Clin. Nutr. 21, 352-357

HEGSTED, D.M. (1976): Balance studies.

J. Nutr. 106, 307-311

HENNIG, A. (1959): Versuche über den Stickstoff-Grundumsatz und zur biologischen Eiweißwertigkeit bei Schweinen, unter besonderer Berücksichtigung volljähriger weiblicher Tiere.

Arch. Tierernährung 9, 29-83

HEPPA, J. (1959): Stickstoff-Retentionsuntersuchungen an wachsenden Ratten mit Hilfe von N-Bilanzen und Körper-N-Analysen.

Vet. Med. Diss., München

HOLMES, E.G. (1965): An appraisal of the evidence upon which recently recommended protein allowances have been based.

In: World Review of Nutrition and Dietetics. (Ed.: G.H. Bourne), 5, Hafner Publishing Comp., New York, pp. 237-274

HUANG, P.C., H.E. CHONG and W.M. RAND (1972): Obligatory urinary and fecal nitrogen losses in young Chinese men.

J. Nutr. 102, 1605-1614

HUANG, P.C., C.P. LIN and J.Y. HSU (1980): Protein requirement of normal infants at the age of about 1 year: maintenance nitrogen requirements and obligatory nitrogen losses.

J. Nutr. 110, 1727-1735

HUANG, Z., A. CHWALIBOG, B.O. EGGUM and G. THORBEK (1980): Nitrogen retention in artificially reared piglets raised on soyaprotein concentrate.

Proceedings of the 3rd EAAP-Symposium on Protein Metabolism and Nutrition. (Eds.: H.J. Oslage und K. Rohr), 27 (1), Informationszentrum der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig, 295-300

INOUE, G., Y. FUJITA and Y. NIIYAMA (1973): Studies on protein requirements of young men fed egg protein and rice protein with excess and maintenance energy intakes.

J. Nutr. 103, 1673-1687

INOUE, G., Y. FUJITA, K. KISHI, S. YAMAMOTO and N. NIIYAMA (1974): Nutritive values of egg protein and wheat gluten in young men.

Nutr. Rep. Int. 10, 201-207

ISAKSSON, B. and B. SJÖGREN (1967): A critical evaluation of the mineral und nitrogen balances in man.

Proc. Nutr. Soc. 26, 106-116

JU, J.S. and E.S. NASSET (1959): Changes in total nitrogen content of some abdominal viscera in fasting and re-alimentation.

J. Nutr. 68, 633-645

JUST, A., W.C. SAUER and H. JÖRGENSEN (1980): The influence of diet composition on the apparent ileal and faecal digestibility of protein and amino acids in pigs.

Proceedings of the 3rd EAAP-Symposium on Protein Metabolism and Nutrition. (Eds.: H.J. Oslage und K. Rohr), 27 (1), Informationszentrum der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig, 215-221

- KADE, C.F.JR., J.H. PHILLIPS and W.A. PHILLIPS (1948): The determination of the minimum requirement of the adult dog for maintenance of nitrogen balance.
J. Nutr. 36, 109-115
- KENDALL, P.T., S.E. BULZA and D.W. HOLME (1982): Assessment of endogenous nitrogen output in adult dogs of contrasting size using a protein-free diet.
J. Nutr. 112, 1281-1286
- KING, G. (1975): Feeding and nutrition of the Callithridae of the Jersey Zoological Park.
Twelfth annual report. Extract from Jersey Wildlife Preservation Trust, 1975
- KINGSTON, W.R. (1969): Marmosets and Tamarins.
Lab. Anim. Handb. 4, 243-250
- KINZEL, H. (1955): Läßt sich die N-, Ca- und P-Bilanz bei Hühnern und Enten durch die Tieranalyse bestätigen?
Agr. Diss., Kiel
- KISHI, K., S. MIYATANI and G. INOUE (1978): Requirement and utilization of egg protein by Japanese young men with marginal intakes of energy.
J. Nutr. 108, 658-669
- KOFRANYI, E. und F. JEKAT (1964): Zur Bestimmung der biologischen Wertigkeit von Nahrungsproteinen. VIII. Die Wertigkeit gemischter Proteine.
Z. Physiol. Chem. 335, 174-179
- KOFRANYI, E. (1980): Stickstoff-Umsatz.
In: Biochemie und Physiologie der Ernährung. (Eds.: H.D. Cremer, D. Hötzel, J. Kühnau), Georg Thieme Verlag, Stuttgart, pp. 257-262

- KRAWIELITZKI, K. und H.D. BOCK (1976): Zur Problematik des Stickstoff-Stoffwechsels monogastrischer Tierarten. Arch. Tierernährung 26, 83-98
- KROMBACH, F. (1981): Rohfaserwirkungen auf Passagerate und die Verdaulichkeit von Energie, Rohfaser, Cellulose und Chitin bei Krallenaffen. Vet. Med. Diss., München
- KURZER, M.S. and D.H. CALLOWAY (1981): Nitrate and nitrogen balances in men. Am. J. Clin. Nutr. 34, 1305-1313
- LEHMANN, M. (1984): Studie zum Proteinbedarf erwachsener Krallenaffen (*Saguinus fuscicollis*). Vet. Med. Diss., München
- LEWIS, M. and R.A. EVANS (1971): Gaseous nitrogen evolution? A study of nitrogen retention by rats and chicks. Proc. Nutr. Soc. 30, 30 A
- LIN, P.C. and P.C. HUANG (1982): Actual nitrogen deposition in mature adult rats fed moderate to high protein diets. J. Nutr. 112, 1067-1074
- MAGG, M. (1981): Die Verdaulichkeit von Milch- und Soja-proteinen bei zwei Krallenaffenarten. Vet. Med. Diss., München
- MASON, V.C. and R.M. PALMER (1973): The influence of bacterial activity in the alimentary canal of rats on faecal nitrogen excretion. Acta Agric. Scand. 23, 141-150
- MELNICK, D. and G.R. COWGILL (1937): The protein minima for nitrogen equilibrium with different proteins. J. Nutr. 13, 401-424

- MILLER, D.S. and P.R. PAYNE (1963): A theory of protein metabolism.
J. theoret. Biol. 5, 398-411
- MILLER, D.S. and P.R. PAYNE (1964): Dietary factors influencing nitrogen balance.
Proc. Nutr. Soc. 23, 11-19
- MILLER, D.S. and P.R. PAYNE (1969): Assessment of protein requirements by nitrogen balance.
Proc. Nutr. Soc. 28, 225-234
- MILLER, S.A. and J.B. ALLISON (1958): The dietary nitrogen requirements of the cat.
J. Nutr. 64, 493-501
- MITCHELL, H.H. (1949): Adult growth in man and its nutrient requirements.
Arch. Biochem. Biophys. 21, 335-342
- MITCHELL, H.H. and M.H. BERT (1954): The determination of metabolic fecal nitrogen.
J. Nutr. 52, 483-497
- MITCHELL, H.H. (1962): The maintenance requirement of protein.
In: Comparative nutrition of man and domestic animals. 1, Academic Press, New York, 129-191
- MITCHELL, H.H. and M. EDMAN. (1962): Nutritional significance of the dermal losses of nutrients in man, particularly of nitrogen and minerals.
Am. J. Clin. Nutr. 10, 163-172
- MITCHELL, H.H. (1964): The wastage of nutrients in metabolism: protein and amino acids.
In: Comparative nutrition of man and domestic animals. 2, Academic Press, New York, 567-659

- MIYATANI, S., K. KISHI, K. TAKAHASHI and F. ZUSHI (1977):
Nutritive efficiencies of lactalbumin and wheat gluten
at very low levels of intake in adult rats.
J. Nutr. Sci. Vitaminol. 23, 455-466
- MOSENTHIN, R. (1979): Der Einfluß pflanzlicher Gerüstsub-
stanzen im Futter auf den Stickstoffansatz beim
Schwein.
Agr. Diss., Kiel
- MUNRO, H.N. (1951): Carbohydrate and fat as factors in
protein utilization and metabolism.
Physiol. Rev. 31, 449-488
- MUNRO, H.N. and D.J. NAISMITH (1953): The influence of
energy intake on protein metabolism.
Biochem. J. 54, 191-197
- MUNRO, H.N. (1964): General aspects of the regulation of
protein metabolism by diet and by hormones.
In: Mammalian Protein Metabolism. (Eds.: H.N. Munro
and J.B. Allison), 1, Academic Press, New York, pp.
381-481
- MUNRO, H.N. (1969): A general survey of technique used in
studying protein metabolism in whole animals and in-
tact cells.
In: Mammalian Protein Metabolism. (Ed.: H.N. Munro),
3, Academic Press, New York, pp. 237-262
- MUNRO, H.N. (1978): Energy and protein intakes as deter-
minants of nitrogen balance.
Kidney Int. 14, 313-316
- NAPIER, J.R. and P.H. NAPIER (1967): A handbook of living
primates. Academic Press, New York

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1974): Nutrient requirements of dogs.

National Academy of Science, Washington, D.C., 1974

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1978): Nutrient requirements of nonhuman primates.

National Academy of Science, Washington, D.C., 1978

NEERGAARD, L. (1981): Comparison of balance technique with slaughter technique in assessment of nitrogen retention in rats.

Z. Tierphysiol., Tierernährg. und Futtermittelkde. 46, 214-220

NEHRING, K. und E. HAESLER (1954/55): Untersuchungen über die biologische Wertigkeit von Eiweißfutterstoffen.

Arch. Tierernährung 4, 110-126

NEHRING, K. (1957): Die Bestimmung der biologischen Wertigkeit des Eiweißes. N-Bilanz und N-Ansatz im Tier.

Biochem. Z. 328, 549-561

NICOLDSI, R.J. and R.D. HUNT (1979): Dietary allowances for nutrients in nonhuman primates.

In: Primates in Nutritional Research. (Ed.: K.C. Hayes), Academic Press, New York, pp. 11-37

ODDOYE, E.A. and S. MARGEN (1979): Nitrogen balance studies in humans: long-term effect of high nitrogen intake on nitrogen accretion.

J. Nutr. 109, 363-377

PERET, J. and R. JAQUOT (1972): Nitrogen excretion on complete fasting and on a nitrogen-free diet - endogenous nitrogen.

In: Protein and Amino Acid Functions. (Ed.: E.J. Bigwood), Pergamon Press, Oxford, pp. 73-118

- PETRY, H. (1984): Freßverhalten, Motilität und Energieumsatz von *Callithrix jacchus* (Weißbüscheläffchen).
6. Symposium der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft vom 22.-24.3.1984 in Hannover
- RAND, W.M., N.S. SCRIMSHAW and V.R. YOUNG (1981): Conventional ("long-term") nitrogen balance studies for protein quality evaluation in adults: rationale and limitations.
In: Protein quality in humans: assessment and in vitro estimations. (Eds.: C.E. Bodwell, J.S. Adkins and D.T. Hopkins), AVI Publishing Company, Westport, Connecticut, pp. 64-94
- RIOPPELLE, A.J., C.W. HILL, S.C. LI, R.H. WOLF, H.R. SEIBOLD and J.L. SMITH (1974): Protein deprivation in primates. I. Nonpregnant adult rhesus monkeys.
Am. J. Clin. Nutr. 27, 13-21
- ROBBINS, R.C. and J.A. GAVAN (1966): Utilization of energy and protein of a commercial diet by rhesus monkeys (*Macaca mulatta*).
Lab. Animal Care 16, 286-291
- RÖSSNER, W. (1955): Untersuchungen über Wertbeurteilungsmöglichkeiten von Eiweißen für die Ernährung durch Tierfütterungsversuche.
Vet. Med. Diss., München
- ROSENTHAL, H.L. and J.B. ALLISON (1956): Effects of caloric intake on nitrogen balance and organ composition of adult rats.
J. Agr. Food Chem. 4, 792-796
- RUBNER, M. (1908): Theorie der Ernährung nach Vollendung des Wachstums.
Arch. Hyg. 66, 1-80

- SAID, A.K. and D.M. HEGSTED (1969): Evaluation of protein quality in adult rats.
J. Nutr. 99, 474-480
- SAMONDS, K.W. and D.M. HEGSTED (1973): Protein requirements of young cebus monkeys (*Cebus albifrons* and *apella*).
Am. J. Clin. Nutr. 26, 30-40
- SANSLONE, W.R. and R.L. SQUIBB (1962): Comparison of procedures for assessing nitrogen retention in chicks.
Br. J. Nutr. 16, 59-63
- SCHARRER, E. and H. ZUCKER (1967): Untersuchungen über den Verzehrsrückgang bei proteinreicher Ernährung.
Z. Tierphysiol., Tierernährg. und Futtermittelkde. 22, 141-160 und 169-180
- SCHEID, R. (1983): Persönliche Mitteilung.
Max von Pettenkofer-Institut für Hygiene und Medizinische Mikrobiologie der Universität München
- SCHIEHMANN, R., W. JENTSCH, W. KLIPPEL, F. SCHMIDT, S. TRELA und B. TSCHESMEDSCHIEW (1962): Vergleichende Untersuchungen zwischen der Methodik der Gesamtstoffwechselmessungen und der Tierkörperanalytik an wachsenden Ratten und Schweinen.
Arch. Tierernährung 12, 321-342
- SCHOEN, R. (1982): Proteinbedarfsstudie an zwei Krallenaffenspezies mit einer halbsynthetischen Diät.
Vet. Med. Diss., München
- SCRIMSHAW, N.S., M.A. HUSSEIN, E. MURRAY, W.M. RAND and V.R. YOUNG (1972): Protein requirements of man: variations in obligatory and fecal nitrogen losses in young men.
J. Nutr. 102, 1595-1604

- SCRIMSHAW, N.S., A.H. WAYLER, E. MURRAY, F.H. STEINKE, W.M. RAND and V.R. YOUNG (1983): Nitrogen balance response in young men given one of two isolated soy proteins or milk proteins.
J. Nutr. 113, 2492-2497
- SHEEDAN, P.M., B.A. CLEVIDENCE, L.K. REYNOLDS, F.W. THYE and S.J. RITCHEY (1981): Carcass nitrogen as a predictor of protein requirement for mature female rats.
J. Nutr. 111, 1224-1230
- SIRBU, E.R., S. MARGEN and D.H. CALLOWAY (1967): Effect of reduced protein intake on nitrogen loss from the human integument.
Am. J. Clin. Nutr. 20, 1158-1165
- SMUTS, D.B. (1935): The relation between the basal metabolism and the endogenous nitrogen metabolism, with particular reference to the estimation of the maintenance requirement of protein.
J. Nutr. 9, 403-433
- STEFEE, W.P., R.S. GOLDSMITH, P.B. PENCHARZ, N.S. SCRIMSHAW and V.R. YOUNG (1976): Dietary protein intake and dynamic aspects of whole body nitrogen metabolism in adult humans.
Metabolism 25, 281-297
- TANNENBAUM, S.R., D. FETT, V.R. YOUNG, P.D. LAND and W.R. BRUCE (1978): Nitrite and nitrate are formed by endogenous synthesis in the human intestine.
Science 200, 1487-1489
- TERROINE, E.F. and H. SORG-MATTER (1927): Loi quantitative de la dépense azotée minima des homéothermes: Validité interspécifique.
Arch. intern. physiol. 29, 121-132

- TORUN, B. and V.R. YOUNG (1981): Interaction of energy and protein intakes in relation to dietary requirements. Prog. Clin. Biol. Res. 77, 47-56
- UEZU, N., S. YAMAMOTO, T. RIKIMARU, K. KISHI and G. INOUE (1983): Contributions of individual body tissues to nitrogen excretion in adult rats fed protein-deficient diets. J. Nutr. 113, 105-114
- WALLACE, W.M. (1959): Nitrogen content of the body and its relation to retention and loss of nitrogen. Fed. Proc. 18, 1125-1130
- WATERLOW, J.C., J. CRAVIOTO and J.M.L. STEPHEN (1960): Protein malnutrition in man. Advan. Protein Chem. 15, 131-238
- WATERLOW, J.C. and J.M.L. STEPHEN (1966): Adaptation of the rat to a low-protein diet: the effect of a reduced protein intake on the pattern of incorporation of L-(¹⁴C)-Lysin. Brit. J. Nutr. 20, 461-484
- WATERLOW, J.C. (1968): Observation on the mechanism of adaptation to low protein intake. Lancet 2, 1091-1097
- WATERLOW, J.C. (1969): The assessment of protein nutrition and metabolism in the whole animal, with special reference to man. In: Mammalian Protein Metabolism. (Ed.: H.N. Munro), 3, Academic Press, New York, pp. 326-390
- WATERLOW, J.C., P.J. GARLICK and D.J. MILLWARD (1978): Protein Turnover in Mammalian Tissues and in the Whole Body. North-Holland Publishing Company, Amsterdam

WENDT, H. (1968): Springtamarins und Krallenäffchen.

In: Grismeks Tierleben. 10, Kindler Verlag, Zürich,
pp. 348-378

YAMAGUCHI, M. and M. KANDATSU (1973): Catabolic rate of
body protein in adult rat over an entire period of
protein depletion.

Agric. Biol. Chem. 37, 579-586

YOUNG, V.R. and N.S. SCRIMSHAW (1968): Endogenous nitro-
gen metabolism and plasma free amino acids in young
adults given a "protein-free" diet.

Brit. J. Nutr. 22, 9-20

YOUNG, V.R., Y.S.M. TAYLOR, W.M. RAND and N.S. SCRIMSHAW
(1973): Protein requirements of man: efficiency of
egg protein utilization at maintenance and submain-
tenance levels in young men.

J. Nutr. 103, 1164-1174

YOUNG, V.R. (1983): Human studies for evaluation of pro-
tein quality, with particular reference to milk
proteins.

Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 35,
247-266

YOUNG, V.R., M. PUIG, E. QUEIROZ, N.S. SCRIMSHAW and W.M.
RAND (1984): Evaluation of the protein quality of an
isolated soy protein in young men: relative nitrogen
requirements and effect of methionine supplementation.

Am. J. Clin. Nutr. 39, 16-24

Herrn Prof. Dr. H. Zucker danke ich herzlich für die Überlassung des Themas und die jederzeit gewährte Hilfe bei der Durchführung und Anfertigung dieser Arbeit.

Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. C. Flurer und Frau Dr. R. Scheid für die betreuende Zusammenarbeit und die zahlreichen Anregungen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Ferner danke ich Herrn Prof. Dr. F. Deinhardt für die Möglichkeit, mit Tieren des Max von Pettenkofer-Institutes für Hygiene und Medizinische Mikrobiologie der Universität München Versuche durchführen zu können.

Ebenso bedanken möchte ich mich bei Frau E. Stadler und Frau A. Wetzel für die gewährte Hilfe und Beratung sowie bei meiner Kollegin Hildegard Adler für die hilfsbereite Unterstützung bei der Versuchsdurchführung.

LEBENS LAUF

Andreas Sappl

16.04.1953	geboren in Bolzwang Vater: Andreas Sappl, Landwirt Mutter: Maria Sappl, geb. Kastenmüller
1959 - 1967	Volksschule Degerndorf/Münsing
1967 - 1970	Landwirtschaftliche Berufsschule Wolftratshausen Landwirtschaftliche Lehre
1969 - 1972	Berufsaufbauschule Bad Tölz
1972 - 1976	Kolleg St. Matthias Wolftratshausen
27.03.1976	Abitur
1976 - 1977	Wehrdienst
1977 - 1982	Studium der Tiermedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität München
04.11.1982	Staatsexamen
08.12.1982	Approbation als Tierarzt
01.12.1982	Beginn der Arbeiten zu der vorliegenden Dissertation
01.09.1983 - 29.02.1984	Tätigkeit als wissenschaftliche Hilfskraft am Institut für Physio- logie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie der Tier- ärztlichen Fakultät der Ludwig- Maximilians-Universität München

